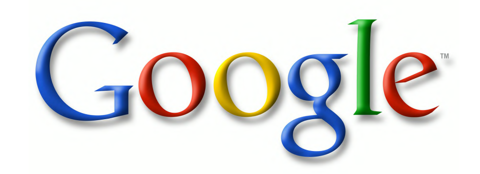
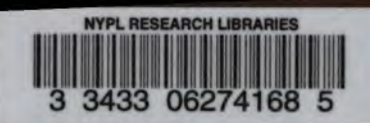



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274168 5





ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXV.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGT-CINQUIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16, près la rue des Mathurins.

1824.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

NOTE

Sur la Cristallisation du sous-carbonate de potasse.

Par Mr A. Fabroni, d'Arezzo en Toscane.

Les chimistes distinguent deux combinaisons de la potasse avec l'acide carbonique : le carbonate neutre (bi-carbonate de M. Thomson), et le sous-carbonate ou carbonate avec excès de base. J'ignore qu'on en ait décrit une troisième.

On accorde au premier sel la faculté de cristalliser en prismes à huit faces, et celle d'être inaltérable à l'air. Au contraire, les caractères généralement reconnus au sous-carbonate sont d'attirer l'humidité atmosphérique lorsqu'il s'y trouve exposé, et d'être tout-à-fait incristallisable.

Il est vrai que, dans le *Dictionnaire de Chimie*, par Klaproth et Wolf, la cristallisation du sous-carbonate en octaèdres paraît énoncée; mais la forme des cristaux,

le peu de précision dans la phrase, et l'omission de tout détail sur un fait qui aurait été nouveau, peuvent autoriser à croire que c'est du carbonate neutre que l'auteur a entendu parler. Il est certain que, après la publication de cet ouvrage, M. Thenard lui-même a établi que ce sel ne peut pas cristalliser (*Traité de Chimie*. Paris, 1817-18).

Or, j'ai retiré de la potasse du commerce un sel en lames rhomboïdales d'une extrême déliquescence, d'une saveur très-prononcée d'alcali, qui est effervescent avec les acides plus forts que le carbonique; un sel enfin qui n'est pas du carbonate neutre, et qui pourtant cristallise, mais d'une façon particulière.

Pour l'obtenir, je prends de la potasse fabriquée en Toscane, j'en fais la solution dans l'eau, et j'évapore jusqu'à ce que la liqueur, encore tiède, marque le 53me degré à l'aréomètre de Baumé. A ce point de densité, tous les sels étrangers au sous-carbonate alcalin se précipitent par refroidissement, le carbonate de potasse y compris, s'il y en a quelque peu. Alors on décante, on pousse la concentration par le feu au-delà de 55° de Baumé, et on verse le liquide, qui est légèrement verdâtre, avec une odeur pénétrante d'alcali, dans des vaisseaux ayant beaucoup de profondeur. Le sous-carbonate se forme bientôt en longues lames rhomboïdales, blanches, placées parallèlement entr'elles dans une position verticale. Elles s'appuient d'une de leurs extrémités sur le fond du vase, et s'attachent, par le bout supérieur, à une croûte saline couvrant la surface du liquide. Après que la cristallisation s'est accomplie dans la liqueur froide, l'eau mère se trouve ramenée à 55°; il faut alors concentrer de

nouveau, et des cristaux, semblables aux premiers, reparaissent sitôt qu'on a atteint la densité convenable et qu'on a refroidi. Cette opération peut se répéter avec le même résultat, jusqu'à la cristallisation totale du sous-carbonate alcalin.

J'estime que ce fait mérite d'être ajouté à l'histoire de la potasse et de ses sels, et qu'on peut en profiter pour avoir un sous-carbonate bien pur et toujours doué de propriétés identiques.

A Arezzo, le 31 mars 1823.

NOTE *sur la Préparation du kermès minéral par le tartre.*

PAR Mr A. FABRONI.

PARMI les moyens d'obtenir le kermès minéral il y en a un qui consiste à fondre dans un creuset le sulfure d'antimoine avec de la potasse ou de la soude, dissoudre la masse dans l'eau bouillante, filtrer, et séparer enfin le précipité rouge qui se forme dans la solution refroidie.

C'est depuis long-temps que j'ai appris à quelques pharmaciens de mes amis à remplacer par le tartre brut les alcalis et leurs carbonates. Ils préfèrent maintenant ce procédé à tout autre, dans la préparation de leur kermès.

La proportion du tartre peut être de trois ou quatre parties contre une de sulfure. Les matières doivent être

bien pilées et mêlées ensemble ; on retire le creuset du feu lorsqu'il est rouge, et que la cessation de la fumée vient d'annoncer la décomposition totale du tartrate acide.

Dans cette méthode, la quantité du produit est la plus abondante que possible, et la couleur en est très-foncée. Pour en aider le desséchement, qui par sa promptitude en conserve la beauté, on le presse, après l'avoir enveloppé de papier brouillard, entre des briques qu'on a soin de renouveler souvent. Il est à présumer que les élémens de l'acide tartrique jouent un rôle considérable dans l'opération, et qu'ils disposent le sulfure antimonial et l'oxide de potassium à se convertir en hydro-sulfate.

Le résidu insoluble dans l'eau bouillante contient beaucoup de globules métalliques, du charbon et du sulfure d'antimoine. Après l'avoir épuisé en le chauffant avec la liqueur alcaline qui a déposé le kermès, on peut, par l'addition du tartre, en retirer encore de l'hydro-sulfate rouge.

L'abondance du kermès ainsi obtenu (qui surpasse, à ce que je crois, les résultats des autres procédés, et cela à très-peu de frais dans des pays vignobles comme la Toscane) ne nuit point à la quantité ni à la teinte du soufre doré qu'on précipite à la suite, de la manière ordinaire.

Le 31 mars 1823.

Sur *le Tartri-Sulfate acide de potasse, et sur un nouveau Procédé pour extraire l'acide tartrique de la crême de tartre.*

Par Mr A. Fabroni.

On est aisément porté à supposer dans la potasse une affinité plus active pour l'acide sulfurique que pour celui qui la sature dans la crême de tartre. Cette conjecture d'analogie, et le peu de solubilité du sulfate de potasse comparativement à celle de l'acide tartrique, ont dû faire concevoir le projet d'isoler l'acide végétal directement par le moyen du sulfurique. Pourquoi donc tous les chimistes sans exception, depuis Schéele, prescrivent-ils, pour parvenir à ce but, de s'emparer de l'acide de la crême de tartre par la chaux, et de précipiter ensuite avec l'acide sulfurique la base terreuse? Est-ce le seul procédé capable d'une bonne réussite, et l'emploi immédiat de l'acide sulfurique ne peut-il servir à la séparation de l'acide pur contenu dans la crême de tartre?

Dans la vue de résoudre cette question qui me paraît intacte (1), j'ai poussé à l'ébullition, dans un matras de verre, le mélange d'une partie d'acide sulfurique du commerce et de trois parties d'eau en poids. Dans le

---

(1) *L'acide sulfurique employé en excès, et à l'aide de la chaleur, décompose la crême de tartre.* Voilà tout ce qu'on peut lire à ce sujet dans le *Dictionnaire de Chimie* de Klaproth, au mot *tartrate de potasse.* Les autres chimistes qui me sont connus n'en disent pas davantage.

liquide bouillant j'ai introduit, à plusieurs reprises, de la crême de tartre en excès, eu égard à la quantité d'alcali qu'elle contient, et à celle de l'acide sulfurique employé. La dissolution terminée, on a ôté le feu. Il s'est formé bientôt un dépôt d'un peu de sulfate calcaire et de beaucoup de tartrate acide indécomposé avec du sulfate de potasse. Alternant les évaporations et les refroidissemens, j'ai enfin obtenu une liqueur semblable à de l'huile claire, qui ne laissait rien précipiter par le repos.

Cette liqueur a été concentrée par la chaleur jusqu'à la consistance d'un sirop fort épais qui, étant refroidi, s'est solidifié presqu'entièrement, en peu d'heures, en cristaux groupés d'une forme prismatique imparfaite.

La masse cristalline égouttée imite quelquefois l'aspect du camphre : elle jouit d'une grande gravité spécifique, et son poids absolu surpasse celui de l'acide tartrique existant dans la crême, qui a subi la décomposition. A l'abri d'une atmosphère humide, elle se dessèche et durcit considérablement sans s'effleurir; au contraire, elle attire l'humidité sitôt qu'elle s'y trouve exposée.

Sa saveur est très-acide sans être désagréable, sa dissolution dans l'eau d'une extrême facilité. L'alcool en dissout la plus grande partie, refusant de se combiner à l'autre. Ce fluide opère la même séparation dans la solution aqueuse très-concentrée du sel.

Sur les charbons, cette combinaison brûle à la façon de l'acide tartrique, et laisse un résidu dont la saveur n'est point alcaline, mais salée : cependant, si on la mêle à du noir de fumée, et qu'on fasse rougir le mélange, la matière qui reste offre les caractères d'un sulfure.

D'après ces observations, j'ai conclu que ce composé est formé par les acides tartrique et sulfurique, saturant ensemble la potasse; et j'ai eu recours à deux moyens d'analyse pour établir les proportions des principes constituans.

J'ai fait d'abord charbonner par le feu tout l'acide végétal du sel, en évitant l'incandescence du résidu; la dissolution de celui-ci dans l'eau, séparée du charbon par le filtre, a donné en entier du sulfate acide de potasse, qui rampe sur la surface du vase, et cristallise en houppes filamenteuses, très-blanches, au-dessus du liquide.

Ce procédé m'a fourni, sur 100 parties de sel :

Sulfate acide de potasse,	0,26;
Par conséquent, acide tartrique,	0,74.
	1,00.

De l'autre côté, j'ai exposé ce sel à l'action réitérée de l'alcool froid. Ce menstrue a pris tout l'acide tartrique sans toucher au sulfate acide de potasse. J'ai obtenu ainsi :

Acide tartrique,	0,70;
Sulfate acide de potasse,	0,30.
	1,00.

Résultats moyens des deux expériences :

Acide tartrique,	0,72;
Sulfate acide de potasse,	0,28.
	1,00.

De ce que je viens de dire, j'en déduis :

1°. Que l'acide sulfurique décompose le sur-tartrate de potasse, et que, combiné à l'acide tartrique, il forme avec la base alcaline un nouveau sel, analogue peut-être à celui produit par l'addition de l'acide borique au même sur-tartrate ;

2°. Qu'en faisant agir l'alcool sur ce composé, on peut obtenir tout l'acide végétal de la crême de tartre par un procédé plus expéditif que celui de Schéele ;

3°. Que, dans plusieurs circonstances, le nouveau sel, que j'appellerai *tartri-sulfate acide de potasse*, peut suppléer l'emploi du véritable acide tartrique.

Je présume que des phénomènes presque semblables se passent, dans la réaction de l'acide sulfurique sur le sur-oxalate de potasse ; mais, comme je n'ai pas eu jusqu'ici le loisir de m'en occuper, je me borne à annoncer la probabilité du fait.

Le 18 novembre 1823.

MÉMOIRE

Sur les Vibrations des corps solides, considérées en général.

PAR Mr FELIX SAVART.

(Présenté à l'Académie des Sciences le 22 avril 1822.

ON a admis jusqu'à présent l'existence de trois espèces différentes de vibrations : on en reconnait de longitudinales, de transversales et de tournantes ; toutefois il

n'y a rien de bien déterminé sur la nature de chacun de ces mouvemens. Les vibrations transversales d'une verge, par exemple, paraissent avoir été considérées comme un simple mouvement de flexion du corps entier, et non comme un mouvement moléculaire d'où résulterait le mouvement de flexion; il en est de même des vibrations tournantes : les vibrations longitudinales sont les seules pour lesquelles on a admis que les mouvemens généraux sont le résultat de mouvemens plus petits imprimés aux particules mêmes; et il faut avouer qu'on ne pouvait guère se faire une autre idée de cette espèce de vibrations. Mon but, dans ce Mémoire, est de montrer qu'il n'existe qu'une seule espèce de mouvement de vibration, et que, selon que sa direction est parallèle, perpendiculaire, oblique aux arêtes ou aux faces d'un corps, d'une verge, par exemple, il en résulte des vibrations longitudinales, transversales ou obliques. Pour atteindre ce but, il était nécessaire de trouver un moyen d'ébranlement qui fût tel que son mode d'action fût constamment le même, dans quelque direction qu'on eût dessein d'ébranler un corps; car les moyens d'ébranlement employés jusqu'ici, tels que l'archet, la friction ou le choc, sont loin de remplir cette condition : après plusieurs essais, j'ai reconnu qu'un ébranlement excité secondairement au moyen d'une corde était préférable à tous les autres; et en effet, comme il est toujours facile de promener un archet dans une direction déterminée, autour d'une corde, et que d'ailleurs une corde ébranlée de cette manière fait toujours ses oscillations dans le plan même dans lequel on promène l'archet, il est clair, si la corde est unie à un corps solide, qu'on peut

examiner les différens phénomènes qui se produisent sur ce corps, selon les directions diverses qu'on donne au plan dans lequel se font les oscillations de la corde. Ceci me conduit donc à considérer avec quelques détails les circonstances qui accompagnent la communication des vibrations d'une corde unie à un ou plusieurs corps solides; et cette question se trouve si intimemeut liée au sujet que je traite, que j'ai cru devoir ne pas l'en séparer dans la première section de ce travail, où j'ai principalement en vue de montrer qu'il n'existe qu'une seule espèce de mouvement vibratoire, qui s'accompagne de circonstances particulières selon le sens dans lequel il a lieu relativement à la forme du corps vibrant. Dans la seconde et dernière section, je me livrerai à quelques recherches touchant les phénomènes qui se manifestent dans les corps selon que le mouvement a lieu dans le sens de leur longueur, de leur largeur, de leur épaisseur, ou dans toute autre direction plus ou moins oblique.

SECTION PREMIÈRE.

Toutes les fois qu'une corde, unie directement à des lames minces de bois, de métal, de verre ou de toute autre substance, produit des vibrations, soit longitudinales, soit transversales, ces lames entrent en mouvement; les vibrations qu'elles exécutent renforcent toujours le son primitif, et leur nombre est le même que celui des oscillations produites par la corde : c'est ce qui a lieu dans plusieurs instrumens de musique, tels que les harpes, les guitares et les violons, ainsi que dans tous les assemblages qu'on peut imaginer dans

lesquels se trouvent réunis des corps diversement configurés et dirigés, auxquels l'ébranlement se communique par des cordes. Mais de quelle nature sont les mouvemens transmis, selon que les cordes forment avec les lames résonnantes des angles plus ou moins ouverts, selon qu'elles sont le siége de vibrations transversales ou longitudinales? C'est là ce que je vais chercher à déterminer par des expériences, afin de pouvoir ensuite employer avec sécurité les cordes comme moyen d'ébranlement.

§ I. Lorsqu'une corde qui vibre transversalement communique son mouvement à un corps mince dont les faces parallèles entre elles sont perpendiculaires à l'axe même de la corde, l'expérience fait voir que les vibrations communiquées se font toujours tangentiellement aux faces de la lame, et que leur direction est la même que celle du plan dans lequel se font les oscillations de la corde.

Pour choisir d'abord le cas le plus exempt de complication, prenons une plaque circulaire de bois ou de métal, percée d'un trou à son centre, de manière qu'on puisse y faire entrer avec frottement une corde de la même espèce que celles qu'on emploie dans les instrumens de musique, et supposons que cette corde placée dans une direction verticale, soit tendue par ses extrémités d'une manière quelconque, et que son axe soit normal aux surfaces du disque comme dans l'appareil représenté fig. 1; si l'on promène un archet en e, L deviendra le siége de vibrations tangentielles, ce dont on pourra facilement s'assurer en versant sur sa face supérieure une couche légère de sable bien sec et pas trop

fin ; on verra ce sable glisser tangentiellement à la surface sur laquelle il reposera, et se réunir pour former une ou plusieurs lignes de repos, dont la disposition sera différente sur les deux faces du disque, ce qu'il sera possible de vérifier en renversant l'appareil de manière que la face, d'abord inférieure, devienne supérieure. Si l'on fait attention à la direction que prennent les particules du sable lorsqu'elles s'avancent pour former les lignes nodales, ou pour se rendre vers les bords du disque et se verser au dehors, on remarque que cette direction est toujours la même que celle du plan dans lequel on promène l'archet, et comme les oscillations de la corde se font dans le même plan, il s'ensuit que la direction des vibrations du disque est la même que celle du plan des oscillations de la corde. Par exemple, si la corde oscille de V en V', que nous supposerons dirigée du nord au sud, et de V' en V, le sable aura un mouvement qui se fera dans le même sens ; mais si le plan des oscillations de la corde était dirigé de l'est à l'ouest, les vibrations tangentielles du disque se feraient dans cette nouvelle direction, et ainsi de suite.

L'on peut facilement se rendre raison de ce phénomène en considérant le disque comme un composé de verges très-minces, placées à côté les unes des autres et parallèlement entre elles ; par exemple, fig. 2, supposons que $L\ L'$ représente une de ces verges infiniment minces, passant par le centre du disque et contenue dans le même plan que celui dans lequel se font les oscillations de la corde c, c' ; il est clair que celle-ci, traversant la plaque de part en part, $L\ L'$ sera coupée par le milieu de sa longueur et formera deux petites verges contre

les extrémités internes desquelles la corde viendra frapper à chacune de ses oscillations, ce qui devra produire en *L* et *L'* des ondes longitudinales dont la direction sera dans le sens des oscillations de la corde. Maintenant, si nous considérons les autres verges, d'abord celles qui sont voisines de *L L'*, nous verrons que la corde ayant un diamètre assez considérable, elles doivent être ébranlées de la même manière, et qu'ensuite le mouvement doit se propager de proche en proche à toute la plaque dans la même direction, les verges primitivement ébranlées agissant comme par une espèce de frottement sur celles qui sont en repos.

Après avoir examiné ce cas extrêmement simple, où la plaque n'a de rapport qu'avec la corde même, le plus simple qui se présente est celui qui est représenté fig. 3 : supposons une corde tendue par un moyen quelconque, et placée dans une direction verticale; prenons une verge mince et étroite, de bois, par exemple, et en la tenant entre deux doigts, par le milieu de sa longueur, dans une direction horizontale, mettons une de ses extrémités en contact avec la partie inférieure de la corde; puis par le moyen d'un archet imprimons un mouvement transversal à celle-ci, en faisant en sorte que ses oscillations aient lieu dans un plan qui, étant prolongé, partagerait la verge en deux parties égales, dans le sens de sa largeur; si l'on recouvre cette verge avec du sable, on pourra voir, d'abord, qu'elle entrera en vibration, quand même elle aurait une longueur assez considérable, par exemple, $1^{m},00$ ou $1^{m},50$ et plus; ensuite que ces vibrations seront tangentielles et longitudinales, ce qu'on reconnaîtra à la direction

des mouvemens du sable, dont les grains s'avanceront pour former les lignes nodales, sans quitter la surface sur laquelle ils reposeront; enfin, l'on verra que ces oscillations se font dans la même direction que celle des oscillations de la corde. Maintenant, si, en variant la position de l'archet, l'on fait exécuter à la corde des vibrations qui aient lieu dans une direction rectangulaire à la précédente, et par conséquent rectangulaire aux arêtes de la verge, on verra que celle-ci exécutera encore des vibrations tangentielles, mais qui seront changées de direction : elles en affecteront une qui sera rectangulaire à celle qu'elles affectaient d'abord, de manière qu'elle sera encore la même que celle des oscillations de la corde, ce qu'on reconnaîtra toujours au moyen des mouvemens du sable, dont les grains se mouvront tous suivant des lignes droites parallèles entre elles et perpendiculaires aux arêtes de la lame, sans jamais se séparer de la surface sur laquelle on les aura répandus. Si ensuite le plan des oscillations de la corde prend toute autre direction, la direction des vibrations de la verge changera de nouveau, pour devenir encore la même que celle des oscillations de la corde.

Comme nous aurons souvent occasion, dans la suite de ce travail, de voir le mouvement tangentiel se produire, non-seulement dans le sens de la longueur d'une verge, mais encore dans le sens de sa largeur, ainsi que dans une multitude de directions obliques; pour mettre plus de clarté dans l'exposition des phénomènes, je crois nécessaire d'employer des dénominations différentes pour désigner les mouvemens qui ont lieu dans des directions diverses : ainsi, comme dans une lame

mince, le mouvement peut se produire, premièrement, tangentiellement aux faces dans le sens *A B* de la longueur fig. 4, parallèlement à ses arêtes latérales, j'appellerai ce mouvement, *tangentiel longitudinal*: deuxièmement, comme le mouvement peut se produire encore tangentiellement dans le sens *C D* perpendiculaire aux arêtes latérales de la lame, je le désignerai alors par le nom de *tangentiel transversal*: troisièmement, ce mouvement tangentiel aux faces pouvant être produit dans une infinité de directions obliques, je l'appellerai, dans ce cas, *tangentiel oblique*: quatrièmement enfin, j'appellerai *mouvement normal* celui qui a lieu perpendiculairement aux faces d'une lame et qu'on désigne ordinairement sous le nom de *vibrations transversales.*

Le rapport que nous venons d'observer entre la direction du plan des oscillations d'une corde et la direction des vibrations d'une lame mince qui lui est perpendiculaire, s'observe non-seulement lorsque la lame est libre comme dans les expériences précédentes, mais encore lorsqu'elle est appuyée ou fixée par un ou plusieurs ou tous les points de son contour: c'est ce dont on peut se convaincre aisément par plusieurs expériences faciles à répéter. Commençons d'abord par un cas où la lame mince est presqu'entièrement libre, comme dans l'appareil représenté fig. 5, et qui consiste en deux cordes *c c′*, semblables pour le diamètre, la longueur, la tension, la substance qui les forme, et placées parallèlement entre elles, à une distance quelconque l'une de l'autre (la partie de l'appareil qui sert pour tendre les cordes peut être disposée de diverses manières, ce qui est tout-à-fait indifférent pour les résultats); si l'on place entre les

t'ons tangentielles dont la direction est la même que celle des oscillations de la corde, comme dans l'expérience précédente. La fig. 8 représente la disposition des lignes tracées par le sable dans une expérience de cette espèce, l'archet étant promené dans une direction FF' parallèle à ces mêmes lignes. Cette expérience offrait ceci de particulier, que les lignes de repos étaient parallèles à la direction des mouvemens du sable, tandis que le plus ordinairement elles leur sont perpendiculaires ou plus ou moins obliques. Sur la face inférieure du disque, les nœuds de vibration correspondaient au milieu de l'intervalle situé entre deux nœuds de la face qui est représentée dans la figure, de sorte que chacune des faces était le siége de quatre séries de mouvemens contraires. Le plus souvent il arrive que les lignes nodales ne sont pas disposées de cette manière, même quand les oscillations de la corde ont lieu dans la direction FF', fig. 8; l'une des figures qui se produisent le plus volontiers est celle qui est représentée fig. 9. Si la direction du plan des oscillations de la corde venait à changer, si elle devenait, par exemple, comme $F_1 F'_1$, fig. 10, ou comme $F_2 F'_2$ fig. 11, la direction des mouvemens du sable changerait en même temps et les lignes nodales se modifieraient en conséquence du changement de direction du mouvement. Les phénomènes sont les mêmes lorsqu'au disque employé dans cette expérience on substitue des plaques de toute autre forme, rectangulaire, triangulaire, etc., de quelque substance qu'elles soient composées.

Lorsqu'une corde qui vibre normalement et qui s'appuie, comme dans cette expérience, contre un corps

solide, lui communique son mouvement, il est probable que les vibrations tangentielles dont ce corps devient le siége ont une cause analogue à celle que nous leur avons attribuée dans le cas où une corde traverse un disque : en effet, quand une corde est ainsi appuyée contre la tranche d'un corps mince, il est impossible qu'elle produise des vibrations régulières tant qu'elle n'est pas arrêtée dans sa position ; car, si elle peut changer de place, soit en tournant sur elle-même, soit en glissant, elle ne rend aucun son, ou ceux qu'elle produit sont extrêmement désagréables parce que le nombre des vibrations varie continuellement; il faut donc qu'elle soit fixée, c'est-à-dire que les dimensions de la partie vibrante soient bien déterminées; c'est ce qui ne peut avoir lieu que lorsque la corde forme sur la tranche du corps un petit sillon, dont la surface en contact avec elle est continuellement et alternativement frappée en sens contraire, ou plutôt frottée dans une direction déterminée; et ce frottement, quoique léger, étant renouvelé un très-grand nombre de fois dans un espace de temps très-court, et toujours dans le même sens, il en résulte des oscillations dont la direction est la même que celle du frottement, oscillations qui sont d'abord très-faibles et bornées aux particules que la corde touche directement ou qui en sont peu distantes, mais qui bientôt, s'étendant de proche en proche, finissent par envahir le corps tout entier, et par y produire des agitations assez considérables pour que le sable soit chassé des points de la surface qui sont en mouvement, et pour qu'il se réunisse sur ceux qui sont en repos.

Si la lame mince, au lieu d'être simplement appuyée,

était fixée par ses deux extrémités (dans le cas où il s'agirait d'une verge), cette circonstance ne changerait rien aux résultats, ainsi qu'on peut le vérifier à l'aide de l'appareil représenté fig. 12. *L L'* est une verge mince de bois qui est traversée par une corde *e*, *c*, fixée en *c* à une cheville et en *B* à une règle de bois très-épaisse; les deux extrémités de *L* sont collées aux obstacles *C*, *C'* qui sont unis à la règle *B*, fortement attachée elle-même à la partie de l'appareil *S*, *S'* *S''*, composée de règles de bois unies entre elles à angle droit, et dont l'une *S''* reçoit la cheville qui sert pour tendre la corde. Quand on promène un archet en *e*, la corde vibre dans toute l'étendue comprise entre *e* et la verge *L*; celle-ci devient le siége de vibrations tangentielles, dont la direction est toujours la même que celle du plan dans lequel les oscillations de la corde ont lieu. Si l'on substitue à la verge une lame mince circulaire, fixée, par tous les points de son contour, à une sorte de tambour de bois *T T T*, fig. 13, assez épais pour n'être pas sensiblement ébranlé par les vibrations communiquées à la lame mince *L*, on obtient des résultats tout-à-fait semblables à ceux qu'on observe quand le disque qui traverse la corde est libre par son contour, comme dans l'appareil de la figure 1re. Néanmoins je remarquerai que ces deux dernières expériences sont très-difficiles à bien faire; il faut, pour qu'elles réussissent bien, qu'il y ait un certain rapport entre les dimensions des cordes et les corps qu'elles doivent mettre en mouvement, afin que les excursions des parties vibrantes deviennent assez fortes pour faire mouvoir le sable. En général, il faut que la corde *ce* soit grosse et fortement tendue : on peut, par exem-

ple, prendre un *re* de violon d'environ quatre décimètres de lougueur, lorsque la lame mince n'a guère que deux millimètres d'épaisseur et environ douze centimètres de diamètre.

En rapprochant ces expériences de celles que j'ai faites sur la communication du mouvement entre deux verges placées rectangulairement entre elles, il est facile de voir que la loi qui lie les phénomènes de communication des vibrations est la même pour tous les corps : en effet, quand deux verges sont placées rectangulairement entre elles, si l'une (que nous comparerons à la corde des expériences précédentes) vient à vibrer normalement, l'autre vibre toujours tangentiellement, et même, ce que je n'avais pas remarqué dans le travail que j'ai fait à ce sujet, la direction des vibrations tangentielles est toujours la même que celle des oscillations normales : par exemple, soit AB, fig. 14, une plaque circulaire, unie intimement à un petit cylindre de verre T, dont l'extrémité inférieure repose sur le centre même du disque, et dont l'extrémité supérieure est également fixée au centre d'une autre plaque A', mais plus petite que la première; si l'on prend cet appareil entre le pouce posé en A' et un doigt placé au centre de la plaque circulaire A, de manière que les disques soient dans une direction horizontale, AB deviendra le siége de vibrations tangentielles quand on promènera un archet sur la tige perpendiculairement à son axe, par exemple, suivant la ligne FF' parallèle à AB, et qui peut se mouvoir autour de T; la direction de ces vibrations aura lieu suivant une ligne VV', parallèle à FF'; et si FF' tourne autour de T, VV' tournera en même

temps ; de sorte que si la tige est bien cylindrique et si la plaque est d'une substance bien homogène, par exemple, de plomb, la figure qu'elle présentera quand on la recouvrira de sable restera toujours la même et tournera en même temps que *FF'*, qu'on peut regarder comme une ligne du plan dans lequel se font les oscillations du petit cylindre. Les résultats seraient les mêmes si l'on substituait à *AB* une plaque carrée, une verge, etc. : seulement, dans le cas d'une verge, surtout si elle était un peu longue, il faudrait avoir attention que le son produit par le petit cylindre ne fût pas un de ceux que la verge pourrait rendre en vibrant normalement; car alors il pourrait arriver qu'elle vibrât perpendiculairement à ses faces, ce qui dépendrait peut-être de la communication qui aurait lieu par l'air. Les figures que l'on obtient avec le sable quand la plaque est circulaire sont remarquables en ce qu'elles sont presque toujours composées de lignes à-peu-près concentriques à la circonférence du disque, et par conséquent au contour du petit cylindre. (*Voyez* fig. 15.)

Comme l'on pourrait présumer que la forme cylindrique de la petite tige serait, en raison de la symétrie qui existe alors dans l'appareil, la cause des changemens successifs de direction qui se produisent dans les vibrations tangentielles quand la direction du plan dans lequel se meut le petit cylindre vient à changer, on pourra substituer à ce dernier une petite verge de verre prismatique et mince ; alors on verra que les grains de sable marcheront toujours suivant des lignes droites perpendiculaires aux faces de la petite verge, quelle que soit la direction de ces faces par rapport aux arêtes qui déter-

mineront le contour du corps auquel le mouvement sera communiqué. La fig. 16 représente l'appareil sur lequel j'ai fait cette expérience : LL' est une verge de verre fixée sur deux petits tasseaux CC' réunis à une règle de bois B, qui sert de support à tout l'appareil ; A est la petite verge primitivement ébranlée ; elle est réunie à LL' avec du mastic, de manière qu'on puisse, en le faisant chauffer, donner successivement aux faces de A des directions différentes par rapport aux arêtes de LL'. L'on peut, dans la disposition indiquée par la figure, représenter la direction des vibrations de A par la ligne FF' et celle des vibrations de LL' par la ligne VV', parallèle à FF' et comprise dans un même plan.

En considérant les corps comme un assemblage de molécules qui laissent entr'elles un certain espace, il semblerait que, lors des vibrations tangentielles excitées par communication, les molécules des lames minces sont déterminées à se mouvoir constamment, suivant des droites parallèles entr'elles et au plan dans lequel se font les oscillations de la corde ou de la petite verge, et de plus perpendiculaires à l'axe du corps qui les ébranle ; et en effet, on ne voit pas pourquoi elles se mouvraient dans une autre direction que celle de la force qui les pousse ; car on peut considérer l'action exercée par la corde ou par la petite verge comme une force ou comme la résultante de plusieurs forces parallèles entr'elles, dont la direction serait comprise dans le plan dans lequel se font les oscillations, et qui serait perpendiculaire à l'axe de la corde, par conséquent qui serait parallèle à la lame mince ; par exemple, soit cc', fig. 17, la corde, A, B, D, la surface à laquelle le mouvement est communiqué,

FF la force qui représente l'action de la corde sur le disque, cette force sera toujours comprise dans le même plan dans lequel se feront les oscillations de la corde : si *VV'* représente la direction de ces vibrations, *FF'*, comprise dans le même plan vertical normal à *A, B, D*, tournera autour du point *c*, en même temps que *VV'* tournera autour du point *c'*, si par le moyen de l'ébranlement on change la direction des oscillations *VV'* de la corde ; et les molécules de la lame mince seront mues suivant des droites telles que *de*, *de*, parallèles à *FF'* et perpendiculaires à *cc'* : c'est au moins ce qui semble résulter, d'une part, de la nature des mouvemens imprimés aux particules du sable, et, de l'autre, de la production des vibrations tangentielles dans des corps qui affecteraient vraisemblablement un mouvement d'une autre espèce, oblique ou transversal, si toutes les molécules qui les composent n'étaient pas entraînées dans des lignes parallèles à leurs faces. Ceci devient encore plus probable quand on fait les expériences avec des lames très-minces, d'un millimètre d'épaisseur, par exemple : elles présentent sur leurs deux faces des lignes nodales aussi bien distribuées que si l'ébranlement était communiqué directement, soit par le frottement au moyen d'un morceau de drap, soit par le choc, etc. ; mais comme un millimètre est une épaisseur qui est encore considérable, j'ai employé des membranes tendues, au lieu de corps solides, et les résultats se sont encore trouvés les mêmes. La fig. 18 représente un appareil par le moyen duquel on peut avec facilité faire vibrer tangentiellement une membrane unie rectangulairement à un petit cylindre métallique ; *TT'* est un

petit tambour de bois, d'environ $0^m,15$ de diamètre et de $0^m,02$ de hauteur; il est recouvert d'une membrane MM', telle qu'un tissu de soie ou une feuille mince de parchemin qu'il faut user et polir avec de la ponce, afin de lui donner, dans tous les points de son étendue, une épaisseur sensiblement égale; on colle sur les bords du tambour cette feuille de parchemin, après l'avoir laissé tremper quelque temps dans l'eau afin qu'elle se tende d'elle-même en se séchant; AA' est une petite verge cylindrique d'acier de $0^m,10$ de longueur et d'environ $0^m,003$ de diamètre, dont l'extrémité inférieure, après avoir traversé la membrane à son centre, va se fixer à une traverse BB' réunie au tambour. La membrane étant recouverte d'une couche légère de sable bien sec, si avec un archet l'on ébranle la petite verge de manière que ses oscillations se fassent dans un plan dont VV', par exemple, sera une ligne, la membrane vibrera tangentiellement; ses deux faces présenteront des figures nettement prononcées, contrairement disposées, comme dans les lames minces, et la direction de ses vibrations aura lieu suivant des lignes parallèles à FF', qui est elle-même comprise dans un même plan vertical que VV', la membrane étant supposée tenue horizontalement : les phénomènes sont les mêmes pour toutes les autres directions qu'on pourrait donner au plan des oscillations de AA'. Si la membrane est préparée avec soin, l'on peut obtenir des figures extrêmement régulières, qui ont quelquefois une grande analogie avec celles qu'on obtient des lames circulaires qui vibrent normalement : telles sont celles qui sont représentées fig. 19, 20, 21 et 22. Il ne sem-

ble pas, lors des vibrations tangentielles d'une membrane, que les deux faces aient plus de peine à être animées de mouvemens contraires, que si l'épaisseur du corps était considérable; les lignes nodales d'une face correspondent de même au milieu de l'intervalle qui existe entre deux nœuds de la face opposée; ainsi les molécules de chacune de ces faces doivent, en raison du peu d'épaisseur des corps, être entraînées dans des lignes droites; et comme les grains de sable se meuvent aussi suivant des lignes droites, l'on paraît bien en droit de conclure de cette expérience que les molécules des lames minces, unies rectangulairement à une corde ou à une petite verge, se meuvent dans des droites parallèles entr'elles, perpendiculaires à l'axe de la corde ou aux faces de la petite verge, et parallèles au plan dans lequel ont lieu les oscillations du corps primitivement ébranlé : au moins cela paraît vrai pour la surface du corps. Les expériences contenues dans la suite de ce travail feront voir qu'il est très-probable que cela est vrai aussi pour l'intérieur du corps. C'est sans doute une chose étonnante de voir un corps si peu épais, une lame mince de parchemin ou un léger tissu de soie, être animé de mouvemens contraires dans les deux moitiés de son épaisseur, et avec tant de précision dans toutes les parties de son étendue; mais quand on pense à l'excessive ténuité des molécules matérielles, on conçoit qu'un dixième de millimètre ou un millimètre sont, relativement à elles, sensiblement la même chose.

Dans toutes les expériences qui précèdent, la corde était le siége de vibrations normales; si on lui en faisait produire de longitudinales, en la frottant, dans

le sens de sa longueur, avec un morceau de drap enduit de poudre de colophane, ou en l'ébranlant avec un archet auquel on donnerait une direction très-inclinée et presque parallèle à celle de la corde, alors les disques ou verges avec lesquels elle serait en contact produiraient des vibrations normales : c'est ce que l'on peut vérifier sur presque tous les appareils que nous avons décrits jusqu'à présent.

§ II. Lorsqu'une corde qui vibre normalement communique son mouvement à une lame mince dont elle est comme le prolongement, c'est-à-dire, lorsque les deux corps sont compris dans un même plan, l'expérience montre que les vibrations communiquées varient successivement de direction selon que le plan des oscillations de la corde forme avec les faces de la verge des angles différens.

Soit $L L'$, fig. 23, une verge de bois fixée en T à un obstacle immobile, et en L' unie à une corde ce, qui repose en e sur un chevalet, et qu'on peut tendre à volonté, par le moyen d'une cheville ordinaire, toutes les pièces de l'appareil reposant sur une base solide B; si l'on promène un archet sur la corde, perpendiculairement à son axe, de manière à la faire osciller dans un plan, dont $F F'$ soit une ligne parallèle aux faces de $L L'$, la verge deviendra le siége de vibrations tangentielles dont la direction sera perpendiculaire à ses arêtes; je suppose que la figure obtenue par le moyen du sable soit, sur la face supérieure de la lame, une ligne droite comme n, n', n'', fig. 24, parallèle aux arêtes de $L L'$, tandis que sur la face inférieure on n'observe aucune ligne nodale; la direction des mouvemens du sable, par conséquent celle des vibrations pourra être représentée par

des flèches qui formeront des angles droits avec les arêtes de la verge, et qui seront contrairement dirigées sur ses deux faces : ensuite si, en inclinant l'archet, on fait en sorte que le plan des oscillations de la corde fasse avec les faces de la lame un angle d'environ 20° ou 25°, comme on le voit en *A*, fig. 25, qui représente seulement le petit plan rectangulaire qui forme le bout de la verge, la projection de la corde sur ce petit plan et la nouvelle position de *F F'*, alors la direction des mouvemens du sable sera encore la même; mais la ligne nodale de la face supérieure changera de forme et de position, elle se contournera comme dans la fig. 25; il en paraîtra une seconde sur la face inférieure, également contournée, mais dont les courbes seront contrairement disposées, relativement à celles de la face supérieure. Si l'on incline encore l'archet davantage, de manière qu'il fasse, par exemple, un angle de 45° avec les faces de la verge, la direction des mouvemens des grains de sable restera encore la même, mais ils commenceront à sauter, les lignes nodales changeront encore, elles se redresseront en restant différemment disposées sur les deux faces de la lame, fig. 26, et elles approcheront d'autant plus d'être perpendiculaires à ses arêtes et de se correspondre que le plan des oscillations de la corde dont *F F'* est une ligne approchera plus d'être normal aux faces de la lame; et enfin, elles se correspondront complètement quand cette disposition sera remplie, fig. 27. Alors la lame sera le siége de l'espèce de vibrations appelées ordinairement *transversales*, et les grains de sable seront lancés loin de la surface sur laquelle on les aura répandus. En un mot, pour toutes les inclinaisons possibles du plan des oscillations

de la corde sur les faces de la verge, les lignes nodales se modifient diversement; et comme le son, par conséquent le nombre des oscillations du système, reste le même constamment, il semble qu'on ne puisse attribuer ces transformations successives de lignes nodales qu'à un changement de direction dans les oscillations imprimées aux molécules de la lame mince. En considérant toujours l'action exercée par la corde comme une force perpendiculaire à son axe, et contenue dans le plan de ses oscillations, c'est suivant des lignes parallèles à la direction de cette force, par conséquent perpendiculaires à la longueur de la verge et diversement inclinées sur ses faces, que les molécules du corps ébranlé par communication paraissent se mouvoir. D'après cela, on serait porté à croire que les vibrations tout-à-fait tangentielles, qu'on obtient quand le plan des oscillations de la corde est parallèle aux faces de la verge, sont une limite d'une seule espèce de mouvement, dont les vibrations normales, obtenues quand le plan des oscillations de la corde est tout-à-fait perpendiculaire aux faces de la lame, sont une autre limite; et qu'entre ces deux limites, dont la première constitue l'espèce de mouvement que je propose d'appeler *tangentiel transversal*, et la seconde *le mouvement normal*, il y a une infinité de directions différentes dans lesquelles les molécules peuvent se mouvoir. Ceci conduirait à ne considérer les vibrations normales que comme une circonstance d'un mouvement plus général, commun à tous les corps, analogue, pour sa nature, aux vibrations tangentielles, c'est-à-dire, produit par de petites oscillations moléculaires, mais modifié diversement selon la direction qu'il

affecte relativement aux dimensions du corps dans lequel il se produit.

Pour donner à ces inductions un plus grand degré de probabilité, l'on peut faire encore une autre expérience qui présente des résultats analogues, et dans laquelle la corde est également comprise dans un même plan avec l'une des faces de la verge, à laquelle elle communique le mouvement, mais avec cette circonstance que l'appareil, par sa disposition, permet de passer, non pas du mouvement tangentiel transversal au mouvement normal, comme dans l'expérience qui précède, mais du mouvement tangentiel longitudinal au mouvement normal. La fig. 28 représente en *ce* une corde tendue, par ses deux extrémités, sur une base solide *B*, dont elle se trouve séparée par deux petits chevalets ou supports *SS'*, qui sont placés à quelque distance de ces mêmes extrémités; *LL'* est une petite verge mince et étroite de verre ou de bois, dont la direction est rectangulaire à celle de la corde, à laquelle elle est unie par sa face supérieure, vers le milieu de sa longueur, à l'aide d'un peu de mastic ou de cire d'Espagne : il résulte de là que *LL'* est en équilibre sur la corde, et que le moindre choc pourrait lui faire exécuter de grands mouvemens autour de *ce*, si entre elle et la base *B* on ne plaçait un corps mou, tel qu'un morceau de liége, destiné à les arrêter. L'appareil étant tenu dans une position telle que *LL'* soit horizontale, si l'on promène un archet dans la direction de la droite *FF'*, perpendiculaire à *ce* et comprise dans un plan parallèle aux faces de la verge, celle-ci exécute des vibrations tangentielles dans le sens de sa longueur; il se forme sur ses deux

faces un certain nombre de lignes nodales, comme $nn'n''$, fig. 29, n° 1, perpendiculaires à ses arêtes, et les grains de sable se meuvent parallèlement aux arêtes de la lame. Mais si, en promenant l'archet toujours perpendiculairement à l'axe de la corde, on lui donne des directions telles que le plan des oscillations de celle-ci forme successivement des angles différens avec les faces de LL', on observe que les lignes nodales se modifient continuellement. Par exemple, je suppose que la fig. 30 représente la tranche de la lame mince, et c la section perpendiculaire de la corde au niveau de cette tranche; lorsque le plan des oscillations de la corde peut être représenté par la ligne FF', parallèle à LL', les vibrations communiquées sont tout-à-fait tangentielles, et il se forme sur les deux faces de la lame des lignes nodales contrairement distribuées, comme dans la fig. 29, n° 1; mais à mesure que l'archet prend successivement les directions $F_1F'_1$, etc., le sable commence à sauter sur la surface sur laquelle il repose, et il est lancé avec d'autant plus de force que le plan des oscillations de la corde approche plus d'être perpendiculaire à la verge; et en même temps les lignes nodales se modifient, jusqu'à ce qu'enfin les vibrations soient tout-à-fait normales quand le plan des oscillations de la corde devient, comme $F_4F'_4$, perpendiculaire aux faces de LL'. Alors les lignes nodales sont disposées comme dans le n° 2 de la fig. 29, où elles se correspondent sur les deux faces, et où l'on peut remarquer que leur nombre est exactement le double de celui des nœuds qui existent quand les vibrations sont tangentielles et longitudinales, et que de plus elles occupent exactement la même position; de sorte

qu'on dirait que les nœuds qui sont contrairement disposés sur chaque face de la verge lors des vibrations tangentielles longitudinales, ne font que traverser son épaisseur lors des vibrations normales, et se marquer sur la face opposée à celle où ils existaient d'abord.

Une circonstance, sans doute très-remarquable, que présente cette expérience, c'est qu'il y a une différence dans l'intensité de son du système selon que la verge est le siége de vibrations normales ou bien de vibrations tangentielles. Dans ce dernier cas, le son est sensiblement plus faible que dans le premier : entre ces deux termes extrêmes on observe que, en partant, par exemple, des vibrations tangentielles et en marchant graduellement jusqu'aux vibrations complètement normales, le son acquiert aussi graduellement de la force et de l'éclat.

En considérant les diverses circonstances que présente cette expérience, il est facile de reconnaître qu'elle conduit aux mêmes résultats que les précédentes, c'est-à-dire qu'en regardant l'action qu'exerce la corde comme une force perpendiculaire à son axe et diversement inclinée sur les faces de la verge, c'est toujours dans des lignes droites parallèles à cette force que les molécules paraissent se mouvoir. Mais si ce sont là les directions suivant lesquelles les molécules se meuvent, quels doivent être les mouvemens de flexion ou de transport exécutés par la verge ? On ne peut pas supposer qu'ils soient les mêmes que dans une verge qui est le siége de vibrations normales ou bien de vibrations tangentielles transversales : ces flexions doivent varier suivant la direction des oscillations moléculaires. L'emploi du sable n'est pas susceptible de fournir des données précises sur

ce sujet; il a donc fallu recourir à un autre procédé expérimental. C'est dans cette vue que j'ai cherché à faire usage des liquides pour reconnaître, non la distribution des lignes nodales, mais la nature des mouvemens de transport. L'un des appareils dont je me suis servi était disposé comme celui qui est représenté fig. 31; il est composé d'un vase $ABCD$, rempli de liquide jusqu'en EE' : perpendiculairement à la paroi AB et au milieu de sa longueur, se trouve fixée une verge de verre LL', dont les arêtes sont parallèles à la surface du liquide, et dont les faces lui sont perpendiculaires; ab est un petit cylindre de verre uni à L' avec de la cire d'Espagne et traversant à frottement rude la paroi CD : l'appareil étant tenu dans une position horizontale, si l'on promène un archet sur ab, dans la direction FF' parallèle à la surface du liquide, et par conséquent normale aux plans qui passent par les faces de LL', cette lame deviendra le siége de vibrations normales : alors, si l'on se place dans un jour favorable pour examiner ce qui se passe à la surface du liquide, on observe qu'il présente de petites rides ou ondulations qui s'étendent, à une assez grande distance, dans les parties qui correspondent aux ventres de vibration, et qui sont presque nulles dans les points qui sont vis-à-vis des lignes nodales de la lame. Si l'on remarque attentivement la distance à laquelle ces ondulations s'étendent et qu'ensuite on incline successivement l'archet, par conséquent FF', à la surface du liquide, on observe que la distance à laquelle elles s'étendent diminue graduellement, et qu'en général elle devient presque nulle quand FF' fait un angle d'environ 70 à

80° avec la surface du liquide : alors, si l'on continue à incliner l'archet en cherchant à obtenir un son pas trop fort et bien égal en intensité, on voit que, à mesure que FF' approche plus d'être parallèle aux plans qui passent par les faces de la verge, il se forme de nouvelles rides qui ne ressemblent nullement aux premières et qui paraissent n'exister que très-près des surfaces du corps vibrant; elles sont parallèles à ces surfaces, et la saillie qu'elles forment sur le liquide est très-faible. Au contraire, quand les vibrations sont normales, les rides qui correspondent aux ventres de vibration font une saillie très-forte, et les agitations du liquide sont assez intenses pour en projeter des gouttelettes même à une grande distance. Ainsi il paraît, d'après cela, que, dans le passage graduel du mouvement normal au mouvement tangentiel transversal, par des oscillations moléculaires qui ont lieu dans des directions de plus en plus obliques, la verge est le siége de flexions ou de mouvemens de transport perpendiculaires à ses faces, qui vont toujours en diminuant, depuis les oscillations moléculaires complètement normales jusqu'à celles qui sont complètement tangentielles. Mais comme le procédé expérimental dont nous venons de faire usage n'indique que ce qui a rapport au mouvement de transport perpendiculaire aux faces de la lame, il faut en employer un autre pour examiner ce qui se passe sur les tranches. Pour atteindre ce but, j'ai pensé qu'il était préférable de n'examiner que le mouvement d'une seule tranche de la verge, perpendiculaire à ses faces : pour cela, il suffit de reprendre l'appareil de la fig. 22, et d'en entourer la lame LL' avec un manchon de verre d'environ

un décimètre de diamètre, comme on le voit fig. 32. L'instrument étant tenu verticalement, on verse de l'eau dans le vase *AB*, jusqu'à ce qu'il en soit rempli presqu'à la hauteur du point où la corde et la verge sont réunies; puis on imprime d'abord un mouvement normal à *LL'* en promenant l'archet sur la corde *ce* dans un plan perpendiculaire aux faces de la lame; alors on observe, quand le son est très-grave, c'est-à-dire, quand le nombre des oscillations est peu considérable dans une seconde de temps, qu'il se forme à la surface de l'eau de petites ondes toutes parallèles entr'elles et aux faces de la lame; mais si le son est plus aigu, elles se présentent sous un aspect tout différent. (*Voyez* fig. 33.) Non-seulement il se produit de petites rides parallèles aux faces de la lame, mais, de plus, il s'en produit de bien plus fortes qui sont disposées tout autour de *LL'* en manière de rayons : enfin, il y a encore une troisième espèce de mouvement bien distinct qui accompagne les précédens et qui est commun à toute la masse du liquide; il consiste en ce que les particules de l'eau semblent toutes partir des tranches de la verge pour se porter, en décrivant une courbe, en dehors des rides rayonnantes presque vis-à-vis des faces de la lame, contre lesquelles elles se rendent ensuite en suivant presque une ligne droite; de là, elles repassent près des tranches et sont lancées de nouveau pour recommencer à parcourir le même chemin. Les flèches de la fig. 33 indiquent ce mouvement, qu'on observe avec facilité lorsqu'on jette quelque poussière légère sur la surface de l'eau.

Après avoir examiné jusqu'où s'étendent les rides

verge sera entraînée à se mouvoir, tantôt dans le sens Rr, tantôt dans le sens rR : c'est dans ce cas que les rides rayonnantes du liquide seront le plus intenses. Mais je suppose que Rr s'incline sur LL' et devienne Rr', pour connaître son action, il faudra la décomposer en deux forces, l'une RF perpendiculaire aux faces de LL', et l'autre RF' beaucoup plus faible, qui leur est parallèle : en conséquence les amplitudes des excursions des parties vibrantes dans le sens normal aux faces devront l'emporter en intensité sur les amplitudes des oscillations qui se produiront dans le sens normal aux tranches ; il devra donc en résulter que les agitations du liquide vis-à-vis des tranches seront très-faibles et peut-être insensibles, tandis qu'elles seront très-intenses près des faces, quoique cependant elles le soient moins que quand le mouvement était uniquement perpendiculaire aux faces. Si la résultante s'incline encore davantage et devient, par exemple, Rr'', qui forme un angle de 45° avec les faces de la lame, les forces Rf, Rf' seront égales ; ainsi les agitations du liquide devront être aussi fortes devant les tranches que près des faces ; toutefois cela n'a pas lieu, elles y sont incomparablement plus faibles ; ce qui se conçoit facilement, attendu que la lame oppose une plus grande résistance au mouvement dans le sens de sa largeur que dans celui de son épaisseur ; enfin, à mesure que la résultante s'inclinera encore plus, la force normale aux faces diminuera toujours comme $R\Phi$, tandis que celle qui est normale aux tranches, comme $R\Phi'$, ira en augmentaut et finira par exister seule comme Rr''' : c'est alors que les agitations du liquide devant les tranches deviendront très-fortes et qu'il n'en existera

plus du tout près des faces. D'après cela, il faut concevoir que la verge, qui lors des vibrations normales exécute des mouvemens de transport dans le même sens, en produit ensuite qui deviennent de plus en plus obliques et qui finissent par devenir perpendiculaires aux tranches. Ce raisonnement, qui s'accorde parfaitement avec les résultats que donne l'expérience, semble ne laisser aucun doute sur l'existence des oscillations moléculaires dans des directions successivement différentes, ainsi qu'il était si naturel de le présumer d'après les transformations graduelles des lignes nodales dans l'expérience des fig. 23 à 27.

Pour donner encore un plus grand degré de probabilité à cette induction, il faudrait pouvoir examiner ce qui se pase sur la petite face qui forme le bout même de la verge; mais comme il faudrait lui donner des dimensions considérables, afin de pouvoir y observer la marche du sable, il est préférable d'unir à angle droit, près de l'extrémité supérieure de la verge LL' de l'appareil de la fig. 23, une autre petite lame de bois ou de glace, comme fig. 36, dont on peut examiner facilement le mode de mouvement en donnant à l'appareil une direction verticale : il est nécessaire que les deux lames soient unies l'une à l'autre avec beaucoup de soin et de force, afin qu'elles ne forment plus, pour ainsi dire, qu'un seul et même corps; parce que, si cette union n'était pas intime, il pourrait, comme nous le verrons tout-à-l'heure, en résulter des changemens considérables dans les résultats de l'expérience. L'appareil étant donc disposé comme nous venons de l'indiquer, l'on observe que, pour toutes les inclinaisons du plan dans lequel se

font les oscillations de la corde, les grains de sable qu'on répand sur la petite verge s'y meuvent toujours suivant des droites parallèles à ce plan; par conséquent parallèles aussi aux lignes suivant lesquelles se meuvent vraisemblablement les molécules de la lame LL' : or, comme on peut regarder les deux verges comme ne faisant plus qu'un seul corps, il s'ensuit que la direction du mouvement de ab peut être considérée comme indiquant précisément celle du mouvement de LL', et que cela joint à la transformation des lignes nodales de cette dernière verge, ainsi qu'aux indications que fournit le procédé expérimental du liquide, il en résulte qu'on a de grandes présomptions pour croire que les molécules oscillent successivement dans des directions différentes.

Comme je l'observais tout-à-l'heure, il est nécessaire que les deux corps soient unis très-intimement entre eux; car, dans le cas d'une union imparfaite, la transmission du mouvement ne se fait plus de la même manière; si ab, par exemple, n'est unie à LL' qu'avec un peu de cire, ou le mouvement transmis est tangentiel longitudinal, ou il est tangentiel transversal sans passer par aucune nuance d'obliquité : en partant du point où LL' exécute des vibrations complètement normales, et en marchant graduellement jusqu'à ce qu'elle en produise de tangentielles dans le sens de sa largeur, l'on observe que, d'abord, les grains de sable répandus sur ab se meuvent suivant des lignes droites parallèles aux arêtes de cette lame, et cela jusqu'à ce que le plan des oscillations de la corde fasse avec les faces de LL' un angle d'environ 30 ou 40°, plus ou moins selon la largeur de LL'; et qu'au-delà de ce terme, le mou-

vement de *ab* change tout d'un coup et devient tangentiel transversal, ce qu'on reconnaît à la marche des grains de sable, qui se meuvent alors suivant des lignes droites perpendiculaires aux arêtes mêmes de *ab*. Il est facile, vu l'union peu intime des deux corps, de se rendre raison de la manière dont le mouvement se transmet de l'un à l'autre dans cette circonstance; il suffit pour cela de considérer toujours les actions produites par les oscillations moléculaires de *LL'* comme des forces parallèles, dont la résultante peut être décomposée en deux autres forces, l'une *RF*, fig. 35, perpendiculaire aux faces de *LL'*, et l'autre *RF'*, qui leur est parallèle. La première de ces forces produisant des mouvemens de transport dans le sens normal, il en résulte une suite de battemens contre l'extrémité de *ab*, ce qui y détermine un mouvement tangentiel longitudinal, tant que cette force a une action assez énergique pour que *RF'* ne devienne pas prépondérante; mais quand cela arrive, le mouvement de *ab* devient tout-à-coup tangentiel transversal : le peu de points de contact des deux corps ou la faiblesse de leur union, lorsqu'il n'y a qu'un corps mou placé entre eux, empêche que l'obliquité des mouvemens de transport de *LL'* ne se fasse sentir sur *ab*, qui n'est jamais affectée que par le mouvement qui se produit dans le sens de l'une ou de l'autre des deux forces : en un mot, *LL'* ne semble plus agir que par une suite de chocs ou de pulsions qui font le même effet que si l'on frappait *ab* avec un corps quelconque.

Un phénomène fort singulier qu'on observe fréquemment dans le cas d'une union imparfaite de deux corps, c'est qu'entre 30 ou 40° d'inclinaison du plan des os-

cillations de la corde et 80 ou 90°, les grains de sable ne se meuvent plus en ligne droite, ils décrivent des courbes de diverses espèces, et quelquefois même ils suivent des lignes disposées en spirale : il serait assez difficile de rendre raison de cette espèce de mouvement. Néanmoins l'on pourrait penser qu'il dépend de ce que les deux mouvemens de *L L'*, celui qui est normal aux faces et celui qui l'est aux tranches, se transmettent en même temps; car la coexistence de deux modes de vibrations dans un même corps n'est pas une chose difficile à produire : par exemple, quand on frappe avec un corps dur contre l'extrémité d'une verge de métal, on entend toujours deux sons à la fois, l'un qui est très-grave et qui dépend des vibrations normales, l'autre qui est très-aigu et qui dépend des vibrations tangentielles longitudinales : il n'y aurait donc rien d'étonnant que les deux forces *R F*, *R F'* communiquassent à la fois à *a b* le mouvement tangentiel dans le sens de la longueur et le mouvement tangentiel dans le sens de la largeur. D'après cette hypothèse, voici comme on pourrait expliquer le mouvement curviligne des grains de sable : il faut d'abord se rappeler quelle est leur marche dans le cas de vibrations simplement tangentielles longitudinales ou simplement tangentielles transversales. Je suppose, par exemple, qu'on ait une verge *A B*, fig. 37, vibrant longitudinalement et présentant deux lignes nodales *A* et *B*; lorsque ces lignes se forment on remarque que les grains de sable partent du milieu de la distance qui sépare ces lignes de repos et qu'ils s'avancent vers elles, d'abord avec une grande vitesse, et qu'ensuite cette vi-

tesse va en décroissant à mesure qu'ils approchent plus près de A et B. Supposons maintenant que la même verge vibre tangentiellement dans le sens de sa largeur et qu'elle ne présente aucune ligne nodale sur la face qu'on considère, on remarque que les grains de sable partent d'un des bords de la lame pour se porter vers l'autre bord, en suivant des lignes droites perpendiculaires aux arêtes du corps, et que la vitesse dont ils sont animés est d'abord très-faible, puis devient insensiblement de plus en plus grande : si donc il arrivait que les deux modes de mouvement coexistassent dans une verge, il devrait se faire qu'un grain de sable placé, par exemple, en m, fig. 38, et qui en vertu du mouvement longitudinal devrait se rendre en B, et en vertu du mouvement tangentiel transversal directement vers le bord de la verge opposé à celui près duquel il se trouve placé, ne suivrait aucune de ces deux directions, et décrirait, par exemple, la courbe $m\, m'$, vu que les vitesses dont m serait animée iraient toujours, dans des temps égaux, en diminuant de m vers B, position de la ligne nodale pour le mouvement longitudinal, tandis qu'elles iraient en augmentant de m vers m' : la nature de cette courbe dépendrait donc du rapport entre les deux vitesses; et comme une multitude de causes peuvent influer sur la marche plus ou moins accélérée ou retardée des grains de sable, il s'ensuit qu'on ne peut pas entreprendre de déterminer généralement la nature de cette courbe; car je suppose que $m\,a$, $a\,b$, etc., soient les espaces décroissans que parcourrait le grain de sable dans le sens de la longueur, pour un même temps, et que $m\,a'$, $a'\,b'$, etc., soient les espaces crois-

sans qu'il parcourrait dans le sens de la largeur, les points *r*, *r'*...... où il parviendra après chaque unité de temps seront déterminés par le rapport qui existera entre *m a*, et *m, a'*, entre *a b* et *a' b'*, etc. Or, ce rapport sera influencé par l'amplitude des excursions, par le poli de la surface vibrante, par la plus ou moins grande quantité de grains de sable répandus sur la lame, ainsi que par beaucoup d'autres causes : ainsi, d'après cela, la seule chose importante que semblerait présenter ce mouvement curviligne des grains de sable, c'est qu'il pourrait servir d'indication pour reconnaître la coexistence du mouvement tangentiel longitudinal avec le mouvement tangentiel transversal.

La distinction que nous avons établie tout-à-l'heure entre la communication des mouvemens vibratoires lors de l'union intime des corps ou lors de leur union imparfaite, est la clef de tous les phénomènes de cette espèce; il est en effet impossible de rien y distinguer de constant si l'on n'a pas égard à cette circonstance importante. Cette manière d'envisager la communication du mouvement donne la solution d'un grand nombre de questions qui ont rapport à la construction des instrumens à cordes.

Lorsque la lame mince et la corde sont toujours comprises dans un même plan, mais qu'au lieu d'imprimer un mouvement transversal à cette dernière, on lui en imprime un qui se fait dans le sens de sa longueur, la lame mince vibre toujours tangentiellement, mais de plus la direction de ses vibrations est constamment la même que celle des oscillations de la corde. Soit, par exemple, fig. 39, un châssis triangulaire de bois por-

tant vers chacun de ses angles une cheville f, f', f'' disposée de manière à pouvoir tendre chacune une corde, $c c' c''$, fixée en $e e' e''$, à une lame mince de bois ou de métal L, de manière que les cordes et la lame soient comprises dans un même plan : l'appareil étant tenu dans une position horizontale , si l'on frotte une des cordes dans le sens de sa longueur avec un morceau de drap saupoudré de colophane pulvérisée, la lame produira des vibrations tangentielles, les grains de sable se mouvront toujours dans des directions parallèles à l'une de celle des trois cordes qu'on aura ébranlée, quels que soit d'ailleurs sa longueur et son degré de tension; car on peut placer la lame mince de manière que son centre, s'il s'agit d'un disque, par exemple, ne corresponde pas au centre de figure du châssis; ce qui pourra donner des longueurs différentes à chacune des cordes, ainsi que des directions telles que leur prolongement ne passerait pas par le centre du disque et qu'il en serait écarté diversement pour chacune d'elles.

L'appareil de la fig. 23 fournit un moyen simple de faire l'expérience précédente, mais toutefois d'une manière moins complète; il suffit pour cela de frotter la corde avec un morceau de drap recouvert de poudre de colophane pour qu'à l'instant il se produise des vibrations tangentielles longitudinales dans la lame, et pour qu'il s'y forme aussitôt des lignes nodales très-nettement dessinées, perpendiculaires à ses arêtes et contrairement disposées sur ses deux faces.

L'on peut encore, dans ces dernières expériences, considérer l'action exercée par la corde comme une force qui serait dirigée parallèlement à son axe ou qui s'exerce-

rait dans le sens même de cet axe; c'est au moins ce qui est indiqué par ce qui se passe à l'extérieur des corps auxquels le mouvement est communiqué, et ce qui résulte de la marche du sable, qui se meut toujours suivant des lignes droites parallèles entre elles et à la direction même de la corde; résultat toujours analogue à tout ce que nous avons vu jusqu'à présent.

(La suite au Cahier prochain.)

NOTE *sur le Bitume contenu dans les mines de soufre.*

PAR M. VAUQUELIN.

200 grammes de soufre non raffiné, distillés dans une cornue de grès, ont d'abord dégagé une odeur de gaz hydrogène sulfuré, mêlée d'acide sulfureux. L'hydrogène sulfuré a continué à se dégager, même après qu'il ne passait plus sensiblement de soufre à la distillation.

On a chauffé fortement sur la fin de la distillation, et, après avoir cassé la cornue, on y a trouvé un résidu noir, ayant encore l'odeur de l'hydrogène sulfuré; il pesait 82 centigrammes. On a mêlé un centigramme de ce résidu avec 2 centigrammes de chlorate de potasse sec et du sable blanc, bien calciné, et on a chauffé ce mélange à la lampe à l'alcool. Il s'est produit une explosion qui a projeté une partie de la matière hors de l'appareil; l'on a cependant obtenu une certaine quantité d'acide carbonique dans la cloche où le tuyau de l'appareil se rendait.

Ce qui restait de résidu a perdu, par une calcination à l'air, 3 centigrammes, et a pris une couleur de chair.

On a mis ce résidu dans l'acide hydrochlorique : au même instant il s'est produit une vive effervescence due à de l'acide carbonique mêlé à du gaz hydrogène sulfuré. Il est resté une matière blanche, insoluble, qui, lavée et séchée, a été reconnue pour de la silice.

L'ammoniaque a formé, dans la dissolution muriatique du résidu, un précipité composé de fer et d'alumine et de quelques atomes de magnésie. La liqueur, précipitée par l'ammoniaque, contenait de la chaux et encore quelques traces de magnésie.

Ainsi l'on a trouvé, dans le résidu du soufre sublimé :

1°. De la silice ;

2°. De la chaux carbonatée ;

3°. Du fer ;

4°. Du charbon bitumineux ;

5°. Des atomes d'alumine et de magnésie.

Le charbon qu'on a trouvé dans le résidu du soufre y est certainement à l'état de bitume ; car, 1°. l'odeur de ce résidu, lorsqu'on le chauffe au contact de l'air ou qu'on le frotte vivement, est bien celle qui caractérise certains bitumes fétides ; 2°. les traces de gaz hydrogène sulfuré qui se sont manifestées pendant la distillation du soufre, surtout vers la fin de l'opération, viennent encore à l'appui de cette assertion. Ce gaz provient de la décomposition du bitume dont l'hydrogène s'est uni au soufre. J'ai confirmé dernièrement cette opinion sur deux échantillons de soufre dont un commerçant m'avait chargé de déterminer le degré de pureté.

Après les avoir fait brûler et pesé le résidu, qui était noir, je le traitai par l'acide hydrochlorique : il se produisit un dégagement d'acide carbonique mêlé d'une odeur de bitume semblable à celle que développe le *lapis suillus* quand il est frotté ou qu'on le dissout.

La dissolution contenait du muriate de chaux, du muriate de fer et du sulfate de chaux. Le résidu était noir et composé de sable et de charbon dont on a opéré la séparation par la combustion.

Il paraît qu'il y a des mines de soufre qui contiennent assez de bitume pour qu'une partie, la plus volatile, s'élève avec le soufre quand on le distille, et lui communique une couleur rougeâtre et une odeur fétide lorsqu'il est frotté ou chauffé. J'ai vu souvent de ces sortes de soufres dans le commerce. Dans l'échantillon dont je viens de parler, le bitume est vraisemblablement contenu dans la pierre de porc. C'est sans doute à la présence du naphte contenu dans les soufres qui paraissent les plus purs qu'est due la production du gaz hydrogène sulfuré, toutes les fois qu'on les fond avec des carbonates alcalins parfaitement secs. (Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, vol. VI, pag. 7.)

Il est probable, d'après ce que j'ai pu voir jusqu'à présent, que la plupart des mines de soufre contiennent du bitume.

OBSERVATIONS *relatives à la température de l'Océan, à de grandes profondeurs.*

LE 13 novembre 1822, le capitaine Edward Sabine, se trouvant sur le bâtiment anglais le *Pheasant*, par

$20°\frac{1}{2}$ de latitude nord et $83°\frac{1}{2}$ de longitude occidentale comptée de Greenwich, entre l'*île du Grand-Caïman* et le *cap St-Antonio de Cuba*, essaya de déterminer la température du fond de la mer. Il se servit pour cela de deux thermomètres à *minimum*, construits suivant la méthode de Six. L'un fut renfermé dans un fort cylindre en fer qui pesait 75 livres, et dont le couvercle supérieur se vissait sur une rondelle de cuir, pour empêcher l'eau de pénétrer dans l'intérieur. La boule du thermomètre touchait le fond du cylindre. On s'était proposé, par cet arrangement, d'éviter tout effet qui aurait pu provenir de la grande compression que le thermomètre devait éprouver au fond de la mer.

Le second de ces instrumens était renfermé dans un cylindre percé de trous dans le haut et dans le bas, et à travers lequel l'eau, conséquemment, pouvait librement circuler. Ce dernier cylindre n'avait d'autre destination que de garantir le thermomètre de tout choc.

Le premier cylindre, celui qui était bouché, fut attaché à l'extrémité de la ligne de sonde; l'autre, deux *fathoms* (brasses) plus haut. A deux heures après midi, on laissa tomber les cylindres dans la mer. En 25′, ils paraissaient s'être enfoncés de 1230 fathoms; le temps était très-favorable; le vent soufflait à peine; le bâtiment ne bougeait presque pas.

Pour que la longueur de corde déroulée eût indiqué *la descente verticale* des thermomètres, il aurait fallu que le bâtiment fût resté complètement en repos. Autrement cette longueur, abstraction faite des courans intérieurs, devient l'hypothénuse d'un triangle rectangle dans lequel le côté horizontal est le chemin parcouru par le

bâtiment durant la descente de la sonde, le côté vertical étant l'élément qu'on se propose de déterminer. Si le navire avait parcouru $\frac{4}{5}$ d'un mille en 25′ de temps, l'hypothénuse étant 1230 fathoms, le côté vertical ne serait que de 1000 fathoms; mais durant l'expérience le bâtiment ne parcourait pas même $\frac{1}{2}$ mille en 60′; on sera donc au-dessous de la vérité, en supposant que le thermomètre s'était enfoncé verticalement dans la mer de 1000 fathoms (1).

Pour remonter les thermomètres, il fallut près d'une heure. Celui que renfermait le cylindre bouché marquait $+ 9^{\circ},7$ centigrades; l'eau avait pénétré à travers le cuir : le cylindre était rempli.

L'autre thermomètre était descendu jusqu'à $+ 7^{\circ},5$ centigrades.

M. Sabine attribue la différence des deux indications, d'une part, à ce que l'eau qui avait pénétré lentement dans le cylindre bouché n'était pas restée en contact avec la boule du thermomètre un temps suffisant; de l'autre, à la chaleur que les épaisses parois de ce cylindre avaient pu ne pas perdre assez promptement. Quoi qu'il en soit, il est évident que les indications du second thermomètre doivent être préférées.

A la surface de la mer, pendant toute la soirée du 13 novembre, la température se maintint entre $+28^{\circ},0$ centig. et $+28^{\circ},4$. Comparant la moyenne, $+28^{\circ},2$, au degré que marquait le second thermomètre, nous

(1) Le fathom = 6 pieds anglais = 5,63 pieds français = 1,83 mètres.

trouverons qu'un abaissement de 20°,7 centigrades correspondait à un enfoncement d'environ 1000 brasses. M. Sabine estime qu'il aurait suffi de faire descendre le thermomètre de quelques centaines de brasses de plus, pour qu'il eût indiqué le degré correspondant au *maximum* de densité de l'eau salée.

Dans la mer du Mexique, la température de la surface ne peut guère descendre, même par l'effet du rayonnement, jusqu'à + 7°,5 centig. L'eau de cette température, qu'on a trouvée au fond, doit conséquemment y être amenée par un courant inférieur venant de régions plus froides. L'existence de ce courant était déjà prouvée par d'anciennes observations faites entre les tropiques, entr'autres par celles de Perron. Le 22 février 1804, par 4° de latitude nord, le thermomètre de ce naturaliste, plongé, pendant une heure un quart, à 350 toises, marquait, après avoir été ramené à la surface, + 7°,5 centigrades, quoique l'opération de le remonter eût duré 45′, et que, dans un temps aussi long, la chaleur des couches supérieures eût pu pénétrer les substances peu conductrices dont l'instrument était enveloppé. M. Sabine, comme on a vu, n'a pas trouvé moins de 7°,5 à l'immense profondeur de 1000 brasses : il paraît disposé à conclure de son expérience, comparée à celle que Perron avait faite au milieu de l'Atlantique, que l'archipel qui s'étend de la pointe australe des Florides à l'embouchure de l'Orénoque, arrête une assez grande partie des courans froids qui règnent au fond de l'Océan, pour que le golfe du Mexique doive présenter des phénomènes un peu différens de ceux qu'on observe en pleine mer. Cette conclusion, toutefois, nous semblerait

prématurée, tant que les observations comparatives n'auront pas été faites avec des thermomètres qui ne se laisseront pas déformer par les grandes pressions qu'ils éprouvent au fond de la mer. Je doute que la précaution qu'avait eue M. Sabine de boucher ses tubes hermétiquement par le haut puisse, du moins à l'égard de l'objet qu'il avait en vue, être regardée comme un perfectionnement.

SUR *les Propriétés éclairantes du gaz hydrogène carboné extrait de l'huile, et de celui qu'on tire du charbon de terre.*

QUOIQUE nous ayons déjà donné dans les *Annales*, t. XIX, p. 196 et suiv., les résultats des comparaisons faites par M. Brande, entre le gaz hydrogène carboné de l'huile et celui du charbon de terre, considérés sous le rapport de leurs facultés lumineuses, il nous a semblé qu'à une époque où le public est si vivement occupé de la question de l'éclairage par le gaz, on ne serait pas fâché de trouver ici les déterminations les plus récentes qu'on ait obtenues sur le même objet.

M. Timothy Dewey, de New-York, rapporte, dans les *Ann. of Philosophy*, décembre 1823, les résultats suivans des essais qu'il a faits à Londres sur le gaz du charbon fourni par l'établissement *impérial*, et comparé au gaz à l'huile provenant de la Compagnie du *Bow*:

Gaz du charbon, pesanteur spécifique... 0,4069;
Gaz de l'huile........................ 0,9395.

Quand on rendit les flammes alimentées par ces gaz également lumineuses, les consommations furent, par heure :

Gaz du charbon...	4,85 pieds cubes anglais ;
Gaz de l'huile.....	1,37.

M. Devey a trouvé qu'un gallon d'huile de baleine clarifiée donne plus de 100 pieds cubes de gaz.

Le rédacteur des *Annals*, M. Philipp, a obtenu, conjointement avec M. Faraday, des résultats peu éloignés des précédens. Dans leur première expérience, le gaz à l'huile était tiré de l'usine de MM. Hawes.

	Gaz du charbon.	Gaz de l'huile.
Pesant. spécif.....	0,4291	0,9657.
Pouvoir éclairant.	1	3,567.

A Witechapel.

Pesant. spécif....	0,4069	0,9395.
Pouvoir éclairant.	1	3,541.

Les spéculateurs puiseront dans ces nombres les moyens de comparer les deux modes d'éclairage, quand les prix du charbon et de l'huile leur seront connus.

L'Ingénieur *en chef des travaux du canal de Saint-Denis et du canal Saint-Martin, à Messieurs les Rédacteurs des* Annales de Chimie et de Physique.

« Messieurs,

» La réputation de votre Journal et sa grande publicité m'engagent à relever quelques inexactitudes qui se trouvent dans un Mémoire que vous y avez inséré, parce qu'elles tendent à jeter de la défaveur sur un grand ouvrage exécuté par mes soins depuis quelques années, aux portes de la capitale, sous les yeux du Conseil général des ponts et chaussées, et sous la surveillance d'une administration éclairée. Je veux parler du troisième Mémoire de M. Girard, *sur les Canaux de navigation*, et des applications que l'auteur fait de sa théorie au système de distribution adopté pour les chutes des écluses du canal de Saint-Denis, et qu'il désapprouve.

» M. Girard a entrepris de démontrer que les écluses à petites chutes sont avantageuses sous le rapport des frais de construction, et il avance que, si aux douze écluses du canal de St.-Denis, on eût substitué trente-six écluses de 86 centimètres de chute, la dépense eût été précisément la même, etc.

» Je n'ai pas pour but d'attaquer la théorie de M. Girard, mais de faire voir seulement que les évaluations de cet ingénieur doivent subir d'importantes rectifications, et que l'application qu'il fait de sa théorie au canal de St.-Denis n'est pas heureuse.

» Je ferai observer, d'abord, que les frais de construction d'une écluse ne sont point uniquement en raison de la masse de ses ouvrages, c'est-à-dire du produit de ses trois dimensions, ainsi que l'admet M. Girard (1); beaucoup d'articles de dépense sont en raison de deux dimensions seulement et surtout de la longueur de l'écluse : tels sont, l'appareil des pierres, les soins à donner aux paremens de la maçonnerie pour la rendre étanche, les précautions à prendre pour les fondations, les frais d'épuisement, les pavages, les corrois, etc. On ne peut, sans faire de grandes erreurs, omettre ces articles dans une estimation générale.

» Toutefois, en faisant abstraction de ces considérations, M. Girard arrive à ce résultat, que les écluses de *moindres dépenses de constructions* sont celles dont les chutes sont égales au tirant d'eau du canal. Comme c'est précisément ce qui a lieu pour le canal de St.-Denis, on serait étonné des critiques de cet académicien (2) si on ne reconnaissait qu'il n'a pas eu de renseignemens exacts sur la chute des écluses, et le plus grand tirant d'eau de ce canal. En effet, les chutes ne sont pas, comme il le croit, de $2^{m}, 60^{c}$, mais de $2^{m}, 30^{c}$, et le plus grand tirant d'eau n'est pas de $1^{m}, 50^{c}$: je l'ai porté à $2^{m}, 30^{c}$.

» Il eût été impossible de tripler le nombre des écluses du canal de St.-Denis sans détruire la plus grande partie des avantages de ce canal. Sa traversée eût été de deux jours au lieu d'un, et les frais d'entretien,

---

(1) Cahier de septembre 1823, page 44.

(2) Cahier d'octobre 1823, page 126.

ainsi que les chances d'avaries, eussent été triplés. D'ailleurs, on peut juger facilement que les localités se seraient invinciblement opposées à l'adoption du système de M. Girard. En effet, trente-six écluses isolées les unes des autres eussent exigé un développement de huit mille mètres au moins, tandis que le canal n'a que 6500 mètres de longueur totale; et même en accolant les douze écluses qui se seraient trouvées entre le canal de l'Ourcq et la route de Flandre, ce qui eût été très-vicieux, il eût fallu au moins 600^{m}. de longueur, tandis que cette partie du canal n'en a que 500.

» Je desirerais beaucoup, Messieurs, qu'il vous fût possible d'insérer ma lettre dans votre recueil, pour effacer les fâcheuses impressions que le Mémoire de M. Girard a laissées dans l'esprit de vos lecteurs contre le système de distribution des écluses du canal de St.-Denis, lequel a dû être établi sur d'autres bases que celles qui ont été prises en considération par M. Girard.

J'ai l'honneur d'être, etc.

R. E. Devilliers.

Paris, le 7 janvier 1824.

Suite *des Observations sur les résultats de l'imparfaite cuisson de la pierre à chaux ordinaire.*

Par M. Vicat.

D'après une lettre adressée par M. Clément au président de l'Académie des Sciences, lettre insérée dans le numéro du mois de septembre 1823 de ces Annales, M. Mi-

nard, ingénieur des ponts et chaussées, aurait reconnu par diverses expériences que les pierres calcaires en général peuvent fournir du ciment dit romain, par une légère calcination. J'ai annoncé (*Annales de Chimie*, t. XXIII, p. 424) que la poussière de craie, chauffée depuis six jusqu'à trente minutes sur une plaque de fer rouge, acquiert la singulière propriété de faire prise dans l'eau, lorsqu'on la gâche un peu ferme à la manière du plâtre. La craie étant la pierre à chaux grasse par excellence et comme le type des matières calcaires pures, j'aurais pu généraliser mes conclusions, et les étendre aussi à toutes les pierres de ce genre; mais je m'en suis défendu: les nombreux démentis que j'ai reçus dans le long cours de mes expériences, pour m'être quelquefois laissé entraîner à cette manière commode d'agrandir le domaine desdécouvertes, m'ont rendu très-circonspect; et ce qui va suivre justifiera peut-être ma timidité.

Il y a aujourd'hui quatre mois que mes essais de craie sont immergés et placés dans un cabinet dont la température ne descend jamais au-dessous de 9° cent.; ils sont encore dans le même état qu'après le douzième jour; l'aiguille à tricoter (d'un millimètre de grosseur, terminée en pointe un peu obtuse et chargée d'un culot de plomb de $0^k.181$) n'y produit aucune dépression sensible; mais saisie à $0^m,06$ de la pointe, et poussée avec un léger effort, elle les pénètre aisément sans fléchir. Une excellente chaux hydraulique, mise en expérience en même temps que la craie, résiste au contraire parfaitement à la même épreuve : l'aiguille se double au lieu d'entrer; cependant le début a été à-peu-près le même de part et d'autre.

Or, un ciment hydraulique, qui, âgé de 4 mois, est encore dans l'état de notre craie, est à coup sûr un très-mauvais ciment; et je pense qu'il serait de la dernière imprudence de confier à une telle matière le succès d'une construction tant soit peu importante.

Afin de varier mes premières expériences, j'ai profité d'une circonstance particulière que présentent tous les fours à chaux où l'on emploie le bois et le feu à longue flamme : les piliers de la voûte qui supporte la charge sont soumis eux-mêmes à la cuisson, comme on sait, et se changent en chaux; mais la partie inférieure de ces piliers restant ensevelie sous la braise et la cendre qui s'amoncèlent sans cesse, est toujours imparfaitement cuite, tellement que les premières assises ne sont que noircies, et que de proche en proche jusqu'à l'assise bien cuite, on peut trouver tous les degrés intermédiaires de cuisson. Ces degrés se sont par hasard rencontrés dans une énorme pierre servant de base. J'en ai remarqué cinq bien distincts : le premier répond au gris foncé qu'une chaleur peu intense développe dans la plupart des pierres calcaires; le deuxième au gris clair qui suit immédiatement; le troisième au blanc sale à cassure légèrement brillante, semblable à celle du gypse; le quatrième au blanc mat, mais d'un tissu compacte, et le cinquième enfin au blanc mat, mais d'un tissu crayeux et tendre.

Au cinquième degré, la matière s'échauffe et fuse rapidement dans l'eau : c'est le cas de la chaux bien cuite; au quatrième degré elle devient paresseuse, mais finit cependant par fuser après plusieurs heures : aussi ne me suis-je attaché qu'au n°s 1, 2 et 3, sur lesquels l'eau

ne paraissait avoir aucune action. Prise dans ces trois états, la pierre calcaire est encore presqu'aussi dure qu'avant la cuisson (pierre à chaux à-peu-près pure, propre aux constructions, et assez dure pour ne pouvoir être layée en parement); pulvérisée dans un mortier de fer fondu, passée ensuite au tamis de crin et gâchée ferme à la manière du plâtre, elle m'a fourni trois espèces de ciment à pâte courte, dont l'immersion a eu lieu sur-le-champ. Or, depuis un mois, ces essais n'ont acquis qu'une sorte de compacité, qu'on ne saurait même appeler *prise*; l'aiguille d'épreuve chargée de son culot s'y enfonce toute entière: les essais de craie paraissent excellens en comparaison.

La même pierre calcaire, pulvérisée préalablement et calcinée en poussière pendant vingt minutes sur la plaque de fer rouge, ne se comporte pas à beaucoup près aussi bien que la craie, mais montre une supériorité décidée sur les résultats de la cuisson opérée dans le four.

Trois briques tirées de la même pâte que les n°s 1, 2 et 3 ont été exposées à l'action de l'air: elles y ont durci par dessiccation comme le ferait de la terre détrempée; placées dans l'eau après un mois, le n° 3 a tenu; les n°s 1 et 2 se sont éboulés en petites miettes. Il faut remarquer que le n° 3, plus avancé en cuisson que les autres, offrait une légère enveloppe carbonatée.

Ces expériences sont loin de confirmer la généralité des résultats annoncés par M. Minard. J'ai de la peine à croire qu'on obtienne jamais, je ne dis pas de bon, mais même de passable ciment, par la calcina-

tion plus ou moins avancée des pierres calcaires pures: il faudra en revenir probablement aux calcaires argileux; et quand on aura bien étudié et bien classé ceux-ci relativement aux proportions relatives de l'argile et de la chaux qu'ils contiennent, qu'on se sera rendu compte dans tous les cas des résultats et de la dépense, on sera peut-être forcé de reconnaître qu'il n'y a rien de plus avantageux qu'une bonne chaux hydraulique, qui, rendant de 1,10 a 1,30 parties pour une, peut, sur 100 parties mesurées en pâte, recevoir de 160 à 180 parties de sable, et fournir ainsi, à un prix très-modéré, un mortier capable de braver également les vicissitudes de l'atmosphère et les effets destructeurs des eaux courantes.

SUR *un nouveau Phénomène électro-magnétique.*

Par Sir HUMPHRY DAVY.

(Traduit des *Transactions philosophiques*, par M. ANATOLE-RIFFAULT.)

SUR un sujet aussi obscur que celui des phénomènes électro-magnétiques, et qui se rattache par des analogies plus ou moins frappantes avec ceux de la chaleur, de la lumière, de l'électricité et de l'attraction chimique, il n'est sans doute pas difficile d'émettre des *hypothèses*; mais la science se trouve encore dans un état trop voisin de l'enfance pour qu'on doive s'attendre au développement d'aucune *théorie* satisfaisante, et elle ne peut faire quelques pas vers ce but qu'en s'appuyant sur de nouveaux faits et de nouvelles expériences qui mettent

sur la voie des raisonnemens généraux applicables à tous les cas. Cette manière de voir m'engage à exposer aux yeux de la Société royale un phénomène électro-magnétique que j'observai, il y a environ quinze mois, dans le laboratoire de l'Institution royale, et que j'ai eu depuis l'occasion d'examiner d'une manière plus parfaite, grâce à la complaisance de M. Pepys, qui a bien voulu mettre à ma disposition la puissante batterie voltaïque construite, sous sa direction, pour l'Institution de Londres, et contenant une paire de plaques d'environ 200 pieds carrés. Je ne m'arrêterai, dans la description du phénomène, à aucun détail minutieux, parce que les expériences par lesquelles je fus conduit à sa découverte sont très-simples. Quoique les effets soient plus marqués avec un appareil énergique, on peut néanmoins les obtenir d'une manière distincte en faisant usage d'une paire de plaques contenant de 10 à 15 pieds carrés.

Aussitôt après que M. Faraday eut fait connaître ses expériences ingénieuses sur les rotations électro-magnétiques, je fus conduit à éprouver l'action d'un aimant sur du mercure faisant partie du circuit électrique, espérant que, dans ce cas, où il n'y avait aucune suspension mécanique du conducteur, tous les effets se présenteraient sous leur forme la plus simple; je trouvai alors que si, deux fils étant placés dans un bain de mercure, perpendiculairement à sa surface et dans le circuit voltaïque d'une batterie à larges plaques, l'on approchait le pole d'un fort aimant, soit au-dessus, soit au-dessous des fils, le mercure commençait immédiatement à tourner autour d'eux comme axes, suivant les

circonstances ordinaires des rotations électro-magnétiques, et avec une vitesse qui augmentait considérablement lorsque l'on faisait agir simultanément les poles *opposés* de deux aimans, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de la surface.

Des masses de mercure de plusieurs pouces de diamètre ont été mises en mouvement et ont tourné de cette manière autour des fils conducteurs, toutes les fois que l'on a placé le pole d'un aimant sur le prolongement de la perpendiculaire passant par le fil; mais dès que le pole a été placé au-dessus de la surface du mercure, entre les deux fils, le mouvement circulaire a cessé, et il s'est établi dans le liquide deux courans opposés, l'un à droite, l'autre à gauche de l'aimant. Ces circonstances, et plusieurs autres qu'il serait fastidieux de détailler, me portèrent à penser que le passage de l'électricité à travers le mercure suffisait pour produire des mouvemens sans l'action de l'aimant, et que les phénomènes que je viens de décrire étaient dus à une simple composition de forces.

Je tâchai donc de constater l'existence de ces mouvemens dans le mercure, en recouvrant sa surface avec des acides faibles, et en répandant dessus des substances très-divisées, telles que de la poudre de lycopode, de l'oxide blanc de mercure, etc.; mais je n'en obtins aucun résultat distinct. Il vint alors s'offrir à mon idée que, d'après la position des fils, les courans, s'ils existaient, devaient se faire sentir principalement dans la partie inférieure du mercure et non pas à sa surface: je disposai donc l'expérience d'une manière inverse.

Ayant pris deux fils de cuivre, d'un sixième de pouce environ de diamètre, dont les extrémités étaient aplaties et polies avec soin, je les fis passer à travers deux trous pratiqués, à trois pouces de distance, dans le fond d'un vase en verre, où ils furent fixés perpendiculairement et rendus non conducteurs au moyen d'un enduit de cire à cacheter dont ils furent recouverts entièrement, excepté à leurs extrémités polies; on remplit alors le vase de mercure, qui s'y maintint à un dixième ou un douzième de pouce au-dessus des fils, et on mit ceux-ci en communication avec une batterie voltaïque énergique. Au moment où les contacts eurent lieu, on observa *le phénomène* qui fait le principal objet de ce Mémoire; on remarqua immédiatement une violente agitation dans le mercure; sa surface, au-dessus de chacun des conducteurs, s'éleva en forme de petits cônes d'où s'échappaient des ondes métalliques dans toutes les directions; et le seul point sans agitation paraissait être celui de leur rencontre, au centre du mercure entre les deux fils. En tenant le pole d'un barreau fortement aimanté à une distance considérable (plusieurs pouces) au-dessus de l'un de ces cônes, son sommet fut diminué et sa base s'étendit davantage, en l'approchant encore, ces effets augmentèrent et les ondulations devinrent moindres. A une plus petite distance la surface du mercure devint tout-à-fait plane, et un mouvement de rotation s'établit lentement autour du conducteur. L'aimant continuant toujours de s'avancer, le mouvement prit de l'accélération, et enfin, quand il fut parvenu à un demi-pouce environ de la surface du mercure, on remarqua au-dessus du fil une grande

dépression, et un tourbillon conique qui allait presque toucher à son extrémité.

Dans les premières expériences que je fis, les élévations en forme de cônes, ou les fontaines de mercure, avaient environ un dixième ou un douzième de pouce de hauteur, et les tourbillons creux paraissaient avoir une profondeur égale; mais dans celles faites à l'Institution royale, où la quantité de mercure au-dessus des fils était beaucoup plus grande, les élévations et les dépressions furent aussi bien plus considérables et portées jusqu'à un cinquième ou un sixième de pouce. Ordinairement les mouvemens de rotation se manifestèrent soit avec le pole d'un aimant, soit avec le conducteur, soit avec tous les deux, et suivant les circonstances bien connues qui déterminent ces effets.

Pour reconnaître si la communication de la chaleur, en diminuant la pesanteur spécifique du mercure, n'aurait pas quelqu'influence sur ces phénomènes, je plaçai dans le liquide, au-dessus de l'un des fils, un thermomètre très-sensible; mais il n'y eut aucune élévation immédiate de température : la chaleur du mercure augmenta graduellement ainsi que celle des fils, et cette augmentation fut semblable dans tous les points du circuit. Je me convainquis encore de ce fait d'une manière plus évidente, en faisant de tout l'ensemble de l'appareil un *thermomètre* se terminant en un tube fin rempli de mercure : dans le premier moment où il devint électro-magnétique, il n'éprouva aucun changement de volume.

Ce phénomène ne peut pas être attribué aux répulsions électriques ordinaires, puisque, dans le circuit

électro-magnétique, les conducteurs électrisés semblablement ne se repoussent pas, mais, au contraire, s'attirent l'un l'autre; et c'est dans le cas où l'on approche l'un de l'autre, près de la surface du mercure, les conducteurs dans des états *opposés*, que la répulsion se manifeste.

On ne peut pas non plus rapporter l'effet produit à cette espèce d'action qui a lieu lorsque l'électricité vient à passer d'un bon dans un mauvais conducteur, comme dans le phénomène des pointes électrisées dans l'air, ainsi que les faits suivans paraissent le démontrer : on substitua aux conducteurs en cuivre des fils d'acier, et toutes les apparences se présentèrent les mêmes en espèce, seulement à un plus faible degré, et, sans aucun doute, à cause de la moindre quantité d'électricité qui passait à travers les nouveaux fils. En comparant les pouvoirs conducteurs de cylindre égaux de mercure et d'acier dans des tubes de verre, par la quantité de petits fils de fer qu'ils attiraient, on trouva que les forces attractives du mercure étaient bien supérieures à celles de l'acier, le premier métal soulevant cinquante-huit grains de fer, et le second trente-sept seulement.

Maintenant on remplaça le mercure par un bain d'étain en fusion dans une capsule de porcelaine, et on y fit plonger alternativement des fils de cuivre et d'acier : les élévations se produisirent comme dans le mercure; les phénomènes de rotation se manifestèrent à l'approche de l'aimant, et l'on reconnut, par une expérience directe, que les pouvoirs conducteurs de l'étain à son point de fusion, et immédiatement au-dessus, ne

diffèrent pas sensiblement et qu'ils sont bien supérieurs à ceux du mercure. Enfin, la communication fut établie avec la batterie, au moyen de deux tubes à-peu-près du diamètre des fils et remplis de mercure, de sorte que l'électricité traversait plusieurs pouces de mercure avant d'entrer dans le bassin : les effets furent encore identiques.

La rapidité des ondulations produites autour des sommets des cônes me fit penser qu'elles pourraient mettre en mouvement des corps légers placés au-dessus du mercure; mais je ne pus parvenir à imprimer la moindre action à une petite roue extrêmement délicate supportée sur un pivot; différens corps réduits en poudres très-fines, répandus sur la surface, éprouvèrent des ondulations sans aucun autre changement de place, et de petits morceaux de fil de fer très-fins jetés sur le sommet du cône, se disposèrent d'eux-mêmes suivant des droites formant des angles de 90° avec la ligne de jonction des deux conducteurs, et demeurèrent stationnaires dans cet état même sur le centre du cône. C'est donc un effet d'un nouveau genre et qui, à certains égards, paraît analogue à celui des marées : il semble que le passage de l'électricité diminue l'action de la pesanteur sur le mercure. L'expérience rapportée page 68 montre d'ailleurs qu'il n'y a aucun changement de volume dans la masse totale du mercure ; et on le reconnût, en outre, directement, en renfermant tout l'appareil dans une espèce de manomètre terminé par un tube délié, contenant de l'air maintenu par une couche d'huile, et qui, par son expansion ou sa contraction, aurait indiqué les moindres changemens

de volume du mercure ; on n'observa néanmoins aucune variation lorsque les contacts furent alternativement établis et détruits, à moins que le circuit n'eût été interrompu pendant un temps suffisant pour communiquer au mercure une chaleur sensible.

Ce phénomène, dans lequel les mêmes effets se produisent avec les deux poles opposés, paraît fortement contraire à l'opinion que les effets électro-magnétiques sont produits par les courans intérieurs, ou les mouvemens d'un seul fluide impondérable.

Quant à la partie hypothétique du sujet, je ne m'y arrêterai point, par les raisons que j'ai données au commencement de ce Mémoire; mais je ne puis le terminer sans rapporter, par un sentiment de justice, une circonstance de l'histoire des progrès de l'électro-magnétisme, qui, quoique bien connue de la plupart des membres de la Société royale, n'a jamais, je pense, été rendue publique; savoir : que nous devons à la sagacité du Dr Wollaston l'idée première de la possibilité des mouvemens de rotation d'un fil électro-magnétique autour de son axe, par l'approche d'un aimant; et je fus témoin, dès l'année 1821, d'une expérience qu'il entreprit à ce sujet, quoique sans succès, dans le laboratoire de l'Institution royale.

ANALYSE *des cendres du Vésuve, tombées, le 22 octobre 1822, sur la terrasse du Consulat général de France à Naples, et envoyées au Muséum par Son Excellence le Ministre des Affaires étrangères.*

PAR M. VAUQUELIN.

1°. CES cendres sont en poussière très-fine, parce qu'il est probable qu'elles ont existé dans l'intérieur du volcan sous forme de vapeurs, et qu'en cet état, mêlées avec la vapeur d'eau ou avec l'air, leurs parties n'ont pu se réunir. Cependant elles contiennent encore quelques parties grossières échappées à cette division, et qui ont été lancées en cet état par une force expansive.

2°. Elles ont une couleur grisâtre qui les fait assez bien ressembler à la cendre du bois, d'où sans doute elles ont tiré leur nom. Elles n'ont pas de saveur sensible.

3°. Une certaine quantité de ces cendres ayant été agitée avec de l'eau dans des vases de verre très-allongés, et la liqueur décantée au bout de deux minutes, après au bout de quatre, et ainsi de suite, en doublant, jusqu'à seize minutes, nous avons obtenu des poudres de différentes grosseurs; mais la plus grosse, même vue au microscope, ne nous a rien présenté de reconnaissable.

4°. 30 grammes de cette cendre, agités de temps en temps pendant huit jours, avec de l'eau distillée, ont

communiqué à ce fluide, concentré par l'évaporation, une propriété alcaline très-marquée.

Nous avons obtenu en effet, par l'évaporation à siccité de ce liquide, du sulfate de chaux et une petite quantité de sel ammoniac.

5°. Chauffée au chalumeau, cette cendre se fond, mais assez difficilement, en un verre noir très-brillant, qui ressemble beaucoup à l'obsidienne ou verre des volcans.

6°. Chauffée dans une cornue, elle a donné un sublimé blanc qui nous a présenté toutes les propriétés du muriate d'ammoniaque.

7°. Chauffée avec le quart de son poids de chlorate de potasse sec, dans une petite cornue dont le bec s'engageait sous une cloche remplie de mercure, elle nous a donné 20 centimètres cubes d'acide carbonique.

8°. Traitée par l'acide nitrique étendu d'eau, elle éprouve une altération qui se manifeste par un gonflement et un état gélatineux qui annonce une décomposition. Après être resté plusieurs jours avec la cendre, l'acide nitrique fut délayé dans l'eau chaude, séparé et évaporé dans une capsule de porcelaine : il fournit un sel blanc-jaunâtre mal cristallisé, d'une saveur astringente et légèrement déliquescent.

Comme je supposais que ce sel contenait du nitrate, et du sulfate de chaux et d'autres sels non déliquescens, j'ai traité ce sel avec de l'alcool à 36°, et j'ai obtenu un résidu insoluble dans l'alcool, dans lequel j'ai reconnu le sulfate de chaux et le nitrate de potasse; mais le sel contenant de l'eau et l'alcool avec lequel je l'avais

traité, n'étant pas entièrement déflegmé, je soupçonnai qu'une portion de nitrate de potasse était restée en dissolution dans l'alcool. En conséquence, après avoir précipité l'alumine et le fer par l'ammoniaque, et la chaux par l'acide oxalique, je fis évaporer le liquide et chauffer fortement pour décomposer le nitrate et l'oxalate d'ammoniaque. J'obtins, en effet, une matière alcaline qui, saturée par l'acide nitrique, donna, par la cristallisation, du nitrate de potasse. Ainsi il est évident que les cendres du Vésuve contiennent une quantité notable de potasse.

Cet alcali est évidemment uni, dans ces cendres, à la silice et à l'alumine, sans quoi il n'aurait pas manqué de se dissoudre dans l'eau; d'ailleurs l'état gélatineux qu'a pris la matière en contact avec l'acide nitrique en est une preuve non équivoque.

J'ai ensuite, par les moyens connus et qu'il est par conséquent inutile de rapporter ici, séparé la silice, l'alumine et l'oxide de fer, qui sont les trois élémens les plus abondans dont est composée la cendre : la première en forme environ les 55 centièmes, la seconde 15 centièmes et la troisième 16 centièmes.

J'y ai aperçu aussi de légères traces de cuivre et de manganèse; mais je n'ai jamais pu y découvrir le moindre vestige d'or, de cuivre ni d'antimoine.

Je n'ai pas cru devoir employer mon temps à déterminer exactement les rapports dans lesquels se trouvent les principes qui composent ces cendres; ç'eût été, je pense, en pure perte, car la cendre que vomira le Vésuve dans un autre temps ne ressemblera probablement pas à celle-ci : il suffit de savoir qu'elle est composée :

1°. De silice, 2°. d'alumine, 3°. de fer oxidé, 4°. de muriate d'ammoniaque, 5°. de sulfate de chaux, 6°. de potasse, 7°. de cuivre, 8°. de manganèse, 9°. de charbon, 10°. de chaux. (*Ann. du Muséum.*)

SUR *l'Existence d'un groupe mobile de cristaux de carbonate de chaux, dans l'intérieur d'un cristal de quartz.*

Par le Dr DAVID BREWSTER.

(*Edim. philos. Journal.* Octobre 1823.)

ON a déjà aperçu des particules d'une matière solide et opaque dans les cavités remplies de fluide de certains cristaux ; mais je ne pense pas qu'on y ait jamais découvert ni cristaux ni même aucune substance susceptible de cristalliser. La quantité de matière saline indiquée dans les expériences de sir H. Davy, par le léger nuage que des solutions d'argent ou de baryte produisaient dans le liquide, était si petite, qu'on pouvait considérer ce liquide comme de l'eau pure : aussi je ne fus pas médiocrement étonné quand je découvris dans la cavité d'un cristal de quartz, appartenant à M. Allan, non-seulement des cristaux isolés, mais encore un groupe assez grand, qui se mouvait à travers le fluide quand on tournait le quartz. La cavité de ce cristal n'offrait aucune fissure ; sa forme était triangulaire ; l'un des côtés avait environ $\frac{1}{12}$ de pouce ; le fluide était très-diaphane ; et comme la bulle ne diminuait pas sensible-

ment de grandeur par l'action de la chaleur, on a toute raison de supposer que le fluide était de l'eau. Les petits cristaux étaient très-transparens; vus par la lumière réfléchie, ils offraient une teinte blanche laiteuse.

Les circonstances de ce singulier phénomène nous conduisent à supposer que les petits cristaux étaient dissous dans le fluide quand la cavité du quartz se ferma, et qu'ils se déposèrent ensuite. L'ingénieuse hypothèse de sir H. Davy, qu'un hydrate de silice liquide peut exister à de hautes températures et contenir de petites quantités d'air atmosphérique, donne, sans aucun doute, une explication naturelle de la présence de l'eau dans certains cristaux; mais il n'est pas aisé de comprendre comment il s'est formé un groupe de cristaux pendant ou après la séparation de l'eau et de la silice.

Comme l'échantillon de M. Allan avait un trop haut prix pour qu'on pût se permettre de le briser dans l'intention d'analyser les cristaux, nos données sur leur nature seraient probablement restées très-imparfaites, si un hasard heureux ne m'avait fourni les moyens de jeter quelques nouvelles lumières sur ce sujet. Il y a quelques années, qu'examinant de concert avec le comte Compton, une nombreuse collection de cristaux de quartz de Québec, je fus étonné de voir, dans l'intérieur de plusieurs échantillons, divers groupes sphériques de cristaux blanchâtres. Nous pensâmes, le comte Compton et moi, que ces petits groupes appartenaient à la famille des zéolites. Ayant étudié, depuis, tous ceux de ces cristaux que j'ai pu me procurer, j'ai re-

connu que les groupes intérieurs sont principalement du carbonate de chaux. Les minéralogistes qui les ont vus, ayant trouvé dans leur aspect quelque chose de particulier, il faut espérer qu'on en réunira une assez grande quantité pour les soumettre à l'analyse. Quoi qu'il en soit, familiarisé comme je l'étais avec les apparences de ces groupes, je demeurai convaincu que les cristaux renfermés dans les cavités où existe un fluide, étaient de la même nature : un examen plus minutieux a établi leur parfaite identité.

Ces cristaux blanchâtres se présentent quelquefois en petites aiguilles détachées dans l'intérieur de la masse solide; mais le plus souvent en groupes sphériques d'une grande beauté, entourés du quartz le plus transparent. Plusieurs crevasses ouvertes en sont remplies; de nombreux groupes adhèrent aussi à la surface extérieure du quartz. J'ai trouvé que les petits cristaux dont ces groupes sont formés ont une double réfraction très-forte : or, comme de plus ils se dissolvent avec effervescence dans l'acide nitrique étendu d'eau, en ne laissant pour résidu qu'un peu de silex adhérant, on ne peut pas douter qu'ils ne soient du *carbonate de chaux* ; conclusion qui doit être étendue aux cristaux renfermés dans les cavités remplies de fluide.

(M. Brewster ajoute que depuis la lecture du précédent Mémoire, M. Nordenskiold a confirmé ses résultats par des essais au chalumeau; mais la phrase de l'original anglais n'est pas assez claire pour qu'il nous soit possible d'assurer que la confirmation a porté sur les cristaux renfermés dans les cavités remplies de fluide.)

Description *minéralogique des aérolithes qui tombèrent près de Wiborg, en Finlande, le 13 décembre* 1822.

Par M. Nordenskiold.

Dans leur apparence extérieure, ces aérolithes ressemblent plus à des laves qu'à toute autre pierre que j'aie eu l'occasion d'examiner; ils sont si friables que la seule pression des doigts les réduit en une poussière dans laquelle on distingue les élémens suivans :

1°. Un minéral verdâtre et transparent qui semble avoir été fondu et qui, traité au chalumeau, présente les mêmes phénomènes que l'olivine. Les plus gros globules de ce minéral sont comme des têtes d'épingles.

2°. Un minéral blanchâtre, demi-transparent, d'un aspect cristallin à sa surface, et qui ne présente aucune trace de fusion. Il a d'ailleurs si peu de consistance, qu'il est très-difficile d'extraire de la masse les petits fragmens dont on veut faire un examen minutieux.

Soumis tout seul à l'action du chalumeau, ce minéral ne se fond point; il conserve même sa demi-transparence. Avec la soude il donne seulement une scorie qui se fond très-difficilement. Le résultat de la fusion avec le borax est un verre clair et sans couleur; il s'unit aux sels de phosphore avec plus de difficulté encore qu'au borax, et les globules qu'on forme ainsi deviennent opaques en se refroidissant. Les solutions de cobalt donnent au minéral une couleur bleue; mais il n'y a pas de fusion.

Ces expériences, je dois l'avouer, ne sont pas suffisantes pour déterminer avec certitude la nature du minéral; mais on reconnaît qu'il présente exactement les mêmes phénomènes que la leucite, à laquelle il ressemble d'ailleurs beaucoup par l'aspect extérieur.

3°. Quelques grains qu'on parvint, à l'aide d'un aimant, à extraire de la poudre, et qui furent examinés avec soin dans la vue d'y reconnaître du nickel; mais on n'en trouva point.

4°. Une cendre verdâtre, très-peu cohérente, formant la masse principale de l'aérolithe, et qui éprouvait sous l'action du chalumeau les changemens que voici :

Elle se fondait, avec intumescence, en un verre noir et opaque; avec le borax, elle se fondait difficilement et donnait un verre d'une couleur de fer foncée; avec des sels de phosphore, la charpente du verre était de la silice, la substance colorante du fer. Avec de la soude en petite quantité, on obtenait un globule opaque. Quand on employait une plus grande quantité de soude, une partie pénétrait dans le charbon et laissait une scorie d'un brun noirâtre, non fondue.

Ces expériences montrent que les aérolithes ne doivent pas être considérés comme des masses homogènes, mais bien comme des roches composées. Ils renferment des minéraux de différentes natures, dans un grand état de division. La poudre verdâtre, si voisine, dans ses apparences, des cendres volcaniques, contient peut-être les rudimens de minéraux qui n'ont pas eu assez de temps pour cristalliser, ou des cristaux si ténus et si mélangés qu'on ne saurait les distinguer les uns des

autres. On expliquera ainsi les différences de proportions qu'on remarque dans les aérolithes dont on a fait l'analyse.

SUR *l'Emploi des liquides obtenus par la condensation des gaz, comme agens mécaniques.*

Par Sir HUMPHRY DAVY.

(Traduit des *Transactions philosophiques*, 1823.)

UN des principaux objets que j'avais en vue, en faisant entreprendre des expériences sur la transformation de divers corps gazeux en liquides, sous l'influence d'une grande pression, était d'obtenir des vapeurs dont la force élastique augmentât ou diminuât rapidement par de légers changemens de température, et qui fussent applicables dans les mêmes circonstances que la vapeur ordinaire de l'eau.

Aussitôt que j'eus réduit à l'état liquide un corps, l'acide muriatique, qui, suivant M. Berthollet, n'est chassé par les autres acides de ses combinaisons avec les bases qu'à cause de sa facilité à prendre la forme gazeuse, je n'eus aucun doute, comme je l'ai dit dans ma dernière note, que tous les autres gaz doués, ou de plus faibles affinités, ou de plus grandes densités, et qui sont sensiblement solubles dans l'eau, passeraient aussi à l'état liquide par des moyens analogues. Cette conjecture était fondée : les expériences faites par M. Faraday, avec tant d'adresse et de talent, et que

j'ai eu le plaisir de communiquer à la Société, l'ont complètement prouvé.

Des vapeurs, telles que celles de l'eau et de l'alcool, à des pressions élevées produites par de fortes chaleurs, quand elles restent en contact avec les liquides d'où elles émanent, changent, comme on sait, d'élasticité, dans un plus grand rapport que la simple variation arithmétique des températures; mais la loi exacte de ces variations n'a pas encore été découverte : les résultats paraissent compliqués, et liés à des circonstances qu'il faudra déterminer par l'expérience. Ainsi, le rapport des forces élastiques dépendant de la pression devra se combiner avec celui de la force expansive dépendant de la température. La plus grande perte de chaleur rayonnante à de hautes températures, le développement de chaleur latente dans la compression, la nécessité de sa réabsorption dans la dilatation, doivent affaiblir les doutes qu'on a eus sur les résultats économiques obtenus en employant la vapeur d'eau à de grandes pressions et par des températures très-élevées.

De tels doutes, cependant, ne peuvent pas naître à l'égard des liquides qui n'existent que sous une pression de 30 ou 40 atmosphères, et dans le cas où les températures ordinaires ou de légères variations de ces températures suffisent pour produire une immense force élastique.

J'ai fait, aidé de M. Faraday, quelques expériences sur cet objet, qui ont complètement répondu à mon attente. Le gaz hydrogène sulfuré devient subitement liquide à la température de $+3^{\circ}$ Fahr. ($-16^{\circ},1$ centigrades), quand on le soumet à une pression égale à

celle d'une atmosphère réduite à $\frac{1}{14}$ de son volume primitif : à la température de $+8^\circ,3$ centigrades, la force élastique du liquide n'est déjà plus égale qu'à celle d'une atmosphère réduite, par la compression, à $\frac{1}{17}$ du volume primitif. A $+3^\circ$ Fahr. ($-16^\circ,1$ centig.), l'acide muriatique liquide avait une force élastique égale à celle d'une atmosphère réduite à $\frac{1}{20}$; par une augmentation de température de 22° Fahr. (12°,2 centig.), cette force devint égale à celle d'une atmosphère comprimée seulement à $\frac{1}{25}$; par une nouvelle addition de 26° Fahr. (de 12°,2 centig.), le liquide avait une force élastique égale à celle d'une atmosphère réduite à $\frac{1}{40}$ du volume primitif. Ces expériences furent faites dans de forts tubes de verre hermétiquement fermés. On déterminait le degré de pression à l'aide du changement de volume d'une certaine quantité d'air renfermée dans une petite éprouvette qui occupait, dans l'appareil, une place où le liquide n'atteignait jamais. Quant aux diminutions de chaleur, on les obtenait par des mélanges frigorifiques qui ne pouvaient pas altérer considérablement la température de l'air contenu dans l'éprouvette. On remarquera, d'ailleurs, que la vapeur élastique dont l'éprouvette était entourée devait avoir une température supérieure à celle du liquide, en sorte que les diminutions de forces élastiques des vapeurs de ces liquides, données par l'expérience, ne peuvent pas être supposées trop considérables.

Les vapeurs éprouvent donc de beaucoup plus grandes différences d'élasticité, pour des changemens égaux de température, à de hautes qu'à de faibles pressions; il ne peut donc pas y avoir de doute, que plus une va-

peur aura de densité, que plus le gaz se laissera difficilement condenser en liquide, plus son action, comme agent mécanique modifié par des changemens de température, sera considérable : ainsi, l'acide carbonique surpassera l'acide muriatique. Dans la seule expérience que j'aie tentée, la force élastique de l'acide carbonique liquide, à la température de + 12° Fahr. (— 11°,1 centig.), était égale à celle de l'air réduit à $\frac{1}{20}$ de son volume primitif; à 32° Fahr. (0°,0 centig.), cette force n'était plus que celle d'une atmosphère réduite à $\frac{1}{36}$; en sorte qu'un changement de température de 20° Fah. (11° centig.) occasionait un changement de pression équivalent à 13 atmosphères. Au degré de la congélation de l'eau, la pression totale était de 36 atmosphères (1). Si l'on peut rendre l'azote liquide, il exercera, sans aucun doute, une plus puissante action que l'acide carbonique. Quant à l'hydrogène dans le même état, il exercerait une force presque incalculable, et qui éprouverait d'immenses changemens par de très-légères variations de température.

Pour éclaircir ces idées, je vais rapporter une expérience faite sur l'alcool de soufre.

---

(1) Depuis la lecture de ce Mémoire, M. Faraday a reconnu que la vapeur d'ammoniaque, à 32° Fahr. (0° centig.), exerce une pression égale à celle d'une atmosphère comprimée à $\frac{1}{5}$ du volume primitif; à 50° (+ 10° centigr.), la pression est celle d'une atmosphère réduite aux $\frac{10}{65}$. La vapeur de l'oxide nitreux, à 0° et à + 7° centig., exerce des pressions respectivement égales à une atmosphère réduite à $\frac{1}{44}$ et à $\frac{10}{513}$ du volume primitif.

Ce corps, 20° Fahr. (11°,1 centig.) au-dessus du degré de son ébullition, avait une force élastique égale à celle d'une atmosphère comprimée aux $\frac{3}{4}$. Porté ensuite à une température de 320° Fahr. (160° centig.) et soumis à une pression représentée par une atmosphère comprimée aux $\frac{10}{77}$, une addition de 20° Fahr. (11°,1 centig) donna à la vapeur élastique un ressort équivalent à celui d'une atmosphère comprimée aux $\frac{100}{893}$.

J'espère être bientôt en mesure de répéter ces expériences avec plus d'exactitude et de détail; mais les résultats généraux qui précèdent m'ont paru déjà si dignes d'attention, pour la mécanique pratique, que j'ai regardé comme un devoir de les publier dès à présent, malgré leur imperfection.

On éprouvera quelque difficulté à employer les gaz comprimés comme agens mécaniques : les différentes pièces des appareils devront être aussi fortes et aussi bien ajustées que celles des machines à haute pression de M. Perkins; mais d'un autre côté, comme il suffira de légères différences de température pour occasioner des changemens de pression de plusieurs atmosphères, le risque des explosions sera très-petit. Si des expériences subséquentes réalisent les vues que je viens de développer, il suffira de la différence de température entre le soleil et l'ombre, ou de l'effet de l'évaporation sur une surface mouillée, pour produire des résultats qui n'ont été obtenus jusqu'ici qu'en brûlant une grande quantité de combustible.

Je terminerai cet écrit par quelques observations générales qui en découlent.

Il existe un moyen simple de liquéfier les gaz qui, à la première vue, paraît paradoxal, savoir, *l'action de la chaleur :* il consiste à les placer à l'une des extrémités d'un tube recourbé fermé hermétiquement, et à les isoler, par un peu de mercure, du reste du tube où se trouvera de l'éther, de l'alcool ou de l'eau, qu'on échauffera ensuite. J'ai ainsi obtenu, par la pression de la vapeur d'éther, la liquéfaction du gaz acide prussique et du gaz acide sulfureux, les seuls que j'aie essayés : ces liquides, en repassant à l'état de gaz, produisent du froid.

Il n'y a aucun doute que le fait général de la condensation des gaz en liquides aura d'utiles applications ; il conduit, par exemple, à une méthode aisée d'imprégner les liquides d'acide carbonique ou d'autres gaz, sans avoir recours aux procédés mécaniques de compression.

Il offre encore un moyen de produire de fortes diminutions de température, à cause de la rapidité avec laquelle de grandes quantités de liquides peuvent passer à l'état aériforme. Comme la compression empêche, tout aussi bien que le froid, les fluides élastiques de se former, on a toute raison de penser qu'elle sera utilement appliquée à la conservation des substances alimentaires animales et végétales.

APPENDIX *au Mémoire précédent, sur les changemens de volume produits par la chaleur, dans les gaz à différens états de densité.*

Par Sir H. DAVY.

(Lu à la Société royale le 1er mai 1823.)

EN cherchant les lois de la force élastique qu'exercent les vapeurs qui s'élèvent, par l'action de la chaleur et sous l'influence d'une forte pression, des gaz réduits en liquides, une des circonstances les plus dignes de considération est le rapport de dilatation ou, ce qui revient au même, de force élastique, dans des atmosphères à différens états de densité.

Les expériences de MM. Dalton et Gay-Lussac ont prouvé que les fluides élastiques de différentes pesanteurs spécifiques se dilatent également par des changemens égaux de température, ou plus exactement, d'après MM. Petit et Dulong, que le mercure, l'air et les gaz se dilatent également pour tous les degrés du thermomètre compris entre ceux de la congélation et de l'ébullition de l'eau. Les expériences plus anciennes d'Amontons paraissaient indiquer que les accroissemens dans le ressort de l'air, produits par des changemens de température, étaient proportionnels à la densité de ce gaz; mais je ne crois pas qu'on ait cherché à déterminer directement les changemens de volume que la chaleur peut produire dans des gaz pris à différens degrés de raréfaction : l'importance de cette question, dans les recherches que j'ai dernièrement communiquées à la So-

ciété, m'a déterminé à entreprendre les expériences suivantes :

De l'air atmosphérique parfaitement sec ayant été renfermé dans un tube et séparé du reste de la capacité par une bulle de mercure, j'élevai sa température de 0° à 100° centigrades, et je marquai exactement de combien il s'était dilaté. Des volumes égaux du même air, mais chargés de colonnes de mercure de 30 et de 65 pouces de longueur, ce qui leur donnait des densités doubles et plus que triples, ayant ensuite été soumis aux mêmes épreuves, dans les mêmes tubes, on trouva, toute correction faite, que les dilatations avaient été exactement les mêmes.

A l'aide d'un autre appareil, je comparai la dilatation de l'air raréfié à celle de l'air ordinaire; et je trouvai que, pour un même nombre de degrés, entre 0° et 100°, les dilatations étaient précisément égales, quoique j'eusse opéré sur de l'air réduit au tiers, au quart et même au sixième de sa densité primitive.

De semblables expériences furent faites avec des résultats identiques, d'abord, sur de l'air comprimé six fois, et ensuite sur ce même air réduit au quinzième de la densité primitive; mais, comme on devait naturellement s'y attendre, les mesures, dans ce dernier cas, avaient un peu moins de précision.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 5 *janvier* 1824.

M. GAILLON adresse des observations supplémentaires au Mémoire *sur les animalcules nutritifs des huîtres.*

On procède à l'élection d'un vice-président pour l'année 1824 : M. Chaptal réunit la majorité absolue des suffrages.

M. Arago, président pour l'année courante, commence l'exercice de ses fonctions.

M. Roche avait présenté à l'Académie un Mémoire dans lequel sont traitées diverses questions d'analyse relatives aux points singuliers des courbes. Les commissaires chargés d'examiner ce travail ont fait aujourd'hui leur rapport, et déclaré que plusieurs des recherches de M. Roche pourront trouver place dans l'enseignement.

M. Ampère continue la lecture qu'il avait commencée dans la précédente séance, d'un Mémoire contenant de nouvelles déductions de la formule par laquelle il a représenté l'action mutuelle de deux élémens de courans électriques. L'auteur annonce que l'ensemble de ces déductions s'accorde avec les résultats d'une multitude d'expériences faites par différens physiciens. Ce Mémoire est terminé par l'examen des diverses circonstances qui donnent naissance aux courans électriques. Parmi les nouvelles conséquences que M. Ampère déduit de sa formule, il a principalement insisté sur les suivantes :

1°. Quand un élément ne peut se mouvoir que dans un plan fixe à l'égard d'un système quelconque de cou-

rans fermés ou indéfinis dans les deux sens, l'action de ce système pour transporter l'élément dans le plan fixe est toujours la même à un même point de ce plan, dans quelque direction que l'élément y soit situé;

2°. La résultante de toutes les actions exercées par le système sur l'élément est toujours comprise dans un plan fixe déterminé pour chaque point où l'on place l'élément, indépendamment de la direction de ce dernier;

3°. Cette résultante forme toujours un angle droit avec celle de la résultante de toutes les actions que le même système exercerait sur l'extrémité d'un cylindre électro-dynamique ou sur le pole d'un aimant placés au même point que l'élément, et ces deux résultantes sont toujours dans un rapport constant indépendant de la forme et de la grandeur des courans du système.

Dans le chapitre où M. Ampère a réuni les résultats de ses recherches sur les circonstances dans lesquelles se produisent les courans électriques, il conclut, de la manière dont il a expliqué, dans son *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, la disposition des deux espèces d'électricité autour des particules des corps, que l'action électro-motrice qui a lieu entre deux métaux en contact consiste dans une réunion, et non dans une séparation, comme on le croyait jusqu'ici, des deux fluides électriques; il déduit des mêmes principes que si les deux particules dont le contact donne lieu à cette action, et par conséquent à un courant électrique, viennent à se combiner, cette combinaison détermine, pendant qu'elle a lieu, un courant électrique en sens opposé à celui du courant produit par le simple contact;

résultat remarquable qui a été découvert par M. Becquerel et constaté par une multitude d'expériences.

M. Roche lit un Mémoire *sur le Mouvement de rotation.*

On communique une lettre de M. Hachette, qui annonce avoir réclamé auprès de Sa Majesté, pour obtenir la confirmation de son élection. A cette lettre était jointe une lettre du Maître des Requêtes, secrétaire du Cabinet, de service, qui faisait connaître à M. Hachette que sa pétition avait été renvoyée au Ministre de l'Intérieur.

L'Académie, après avoir entendu les éclaircissemens donnés par divers membres, arrête que, dans la prochaine séance, elle ira aux voix, conformément au réglement, sur la question de savoir s'il y a lieu à élection.

Séance du lundi 12 janvier.

Après la lecture de quelques articles de correspondance, M. de Prony, au nom de la Section de Mécanique, annonce qu'il y a lieu à élire présentement à la place vacante par le décès de M. Bréguet. L'Académie délibère au scrutin, et décide affirmativement la question, à la majorité absolue des suffrages.

M. de Jussieu, au nom d'une Commission, fait un rapport favorable que l'Académie a adopté, sur un Mémoire de Mr A. Richard, *relatif à la famille des élæagnées.*

On renvoie à l'examen d'une Commission un Mémoire de M. Guillaume Libri *sur la Théorie des nombres.*

M. Magendie rend un compte verbal d'un Mémoire de M. Desmoulins *sur la Composition de la moelle épinière.*

On nomme au scrutin la Commission qui devra examiner les pièces envoyées au concours pour le prix de physiologie : MM. Duméril, Cuvier, Magendie, Geoffroy-Saint-Hilaire et Percy sont élus.

M. Auguste Saint-Hilaire achève la lecture de son Mémoire *sur les Genres sauvagesia et lavradia.*

M. Bailli donne lecture d'un Mémoire *sur l'Usage des cornes de quelques animaux, particulièrement dans le buffle.*

M. Civiale présente un Mémoire *sur un Lithontripteur, ou nouveau moyen de détruire la pierre dans la vessie sans l'opération de la taille.*

Séance du lundi 19 *janvier.*

M. Cagniard de La Tour dépose un paquet cacheté contenant des résultats numériques qu'il se propose de perfectionner.

Le Ministre de l'Intérieur envoie un Mémoire de M. Picquet *sur un Gazomètre à gaz condensés.*

M. Lassaigne présente un Mémoire *sur la Possibilité de reconnaître, par les moyens chimiques, la présence de l'acétate de morphine dans les viscères des animaux empoisonnés par cette substance.*

M. Le Gallois fils dépose un Mémoire, écrit par son père, *sur la Chaleur animale.*

M. de Humboldt fait un rapport verbal favorable sur l'Atlas universel de M. Brué.

On lit, pour M. Ferdinand Runge, un Mémoire *sur les Moyens de découvrir les moindres traces de la substance narcotique, dans les animaux empoisonnés par l'*atropa belladona *et le* datura.

M. Ségalas présente un rein converti en une vaste poche membraneuse, par le développement d'un grand nombre de calculs.

M. Desmoulins commence la lecture d'un Mémoire *sur l'Usage des couleurs de la choroïde, dans l'œil des animaux vertébrés.*

L'Académie nomme, au scrutin, la Commission qui adjugera le prix de statistique. Cette Commission est composée de MM. Fourier,, Coquebert-Montbret, de Laplace, Humboldt, Chaptal et Ramond.

La Section de Mécanique présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place actuellement vacante : MM. Binet, Navier, Cagniard de Latour, Lamandé, Gengembre, Gambey, Christian.

On discute le mérite de ces candidats.

Séance du lundi 26 janvier.

M. Dublanc jeune, pharmacien à Paris, annonce qu'il a trouvé, dans la teinture alcoolique de noix de galle, un réactif très-sensible propre à faire reconnaître la présence de la morphine dans les liquides, soit que cette substance y existe seule, soit qu'elle s'y trouve combinée avec les acides acétique et sulfurique.

Le Ministre de la Marine envoie de nouvelles tables logarithmiques de M. Bagay, professeur à Lorient.

L'Académie procède à la nomination d'un membre. Le nombre des bulletins recueillis était de 56, parmi lesquels il s'en trouvait 3 de blancs : 30 de ces bulletins portaient le nom de M. Navier. L'élection de cet ingénieur, comme membre de l'Académie, sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Vauquelin, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un Mémoire de M. Lassaigne d'où il résulte :

1°. Qu'il est possible, dans beaucoup de cas d'empoisonnement par la morphine, de découvrir des traces sensibles de cette substance ;

2°. Que c'est toujours dans les viscères où le poison a été porté qu'on peut retrouver les restes propres à attester sa présence ;

3°. Que les matières rendues par le vomissement, peu de temps après l'ingestion du sel de morphine dans l'estomac, en contiennent des quantités pondérables ;

3°. Que, jusqu'ici, il ne semble pas possible de découvrir des traces d'acétate de morphine dans le sang des animaux dont elle a causé la mort.

M. Girard, au nom d'une Commission, fait un rapport favorable sur le Mémoire de MM. Séguin *relatif aux Ponts en fil de fer.*

La Commission nommée au scrutin, et qui sera chargée d'adjuger le prix annuel de mécanique, est composée de MM. Dupin, Prony, Girard, Molard et Fourier.

M. Babinet donne lecture d'une Note *sur une nouvelle construction de l'hygromètre à cheveu.*

M. Strauss continue la lecture de son Mémoire *sur l'Anatomie du hanneton.*

M. Desmoulins achève la lecture de son Mémoire *sur l'Usage des couleurs de la choroïde dans l'œil des animaux vertébrés.*

M. Auguste Saint-Hilaire donne lecture des nouvelles observations qu'il a faites sur la famille des rutacées.

Sur *la Composition de l'Oxide de nickel.*

Par Mr P. Berthier, Ingénieur des Mines.

M. Berzelius a admis, d'après les expériences de Rothof, que l'oxide de nickel est composé de :

Nickel,	0,7871	— 100	— 1 at.
Oxigène,	0,2129	— 27,05	— 2 at.

Mais M. Lassaigne ne croit pas cette composition exacte, et il a trouvé par synthèse que l'oxide de nickel doit contenir :

Nickel,	0,8333	— 100.
Oxigène,	0,1667	— 20.

Les expériences que j'ai faites à diverses époques, sur le nickel, m'ont conduit à un résultat tout-à fait conforme à celui de M. Berzelius, et par conséquent tout différent de celui de M. Lassaigne : je vais en rapporter quelques-unes.

Il est très-facile et très-peu dispendieux maintenant de se procurer de l'oxide de nickel pur. On se sert pour cela du *speiss*, substance métallique qui s'amasse au fond des creusets dans lesquels on prépare le safre ou bleu de cobalt (1) : cette substance est compacte et

(1) Le safre est un verre qui se prépare avec un mélange de sable quartzeux, de potasse et de minerai de cobalt grillé : comme le grillage n'est jamais parfait, une petite partie des métaux échappe à l'oxidation, et lorsqu'on fond le mélange, le cobalt, qui est plus oxidable que le cuivre et

d'un rouge pâle comme le nickel arsenical natif; j'y ai trouvé :

Nickel,	0,490;
Cobalt,	0,032;
Cuivre,	0,016;
Arsenic,	0,378;
Soufre,	0,078;
Antimoine,	trace;
Sable accidentel,	0,006.
	1,000.

C'est un mélange d'arséniures et de sulfures contenant un atôme d'arsenic et de soufre.

On réduit cette substance en poudre fine et on la grille jusqu'à ce qu'elle n'exhale plus de vapeurs arsénicales, en ayant soin de ménager beaucoup la chaleur dans le commencement de l'opération, parce qu'elle est extrêmement fusible. On ajoute à la matière grillée du fer métallique, soit de la limaille, soit de petits clous, en proportion qui a dû être préalablement déterminée par l'expérience, et l'on fait dissoudre le tout dans l'eau régale bouillante, et dans laquelle on a soin de mettre un excès d'acide nitrique, afin que le fer soit entièrement oxidé au *maximum*; puis on évapore la liqueur à siccité, et l'on

que le nickel, réagit sur la portion de ces métaux qui a absorbé de l'oxigène pendant le grillage, et les réduit en s'oxidant lui-même : de là vient que le nickel et le cuivre se concentrent dans le speiss, et qu'au contraire le safre n'en contient presque pas.

reprend le résidu par l'eau ; il reste une grande quantité d'arséniate de peroxide de fer qui ne se dissout pas. On ajoute à la dissolution du carbonate de soude par doses successives et jusqu'à ce que le précipité que forme ce réactif soit verdâtre : alors tout l'arsenic et tout le fer sont séparés, ainsi qu'une partie du cuivre ; on achève de précipiter celui-ci par le moyen de l'hydrogène sulfuré, et il ne reste plus qu'à faire bouillir la dissolution avec un excès de sous-carbonate de soude pour obtenir tout le nickel à l'état de carbonate. Mais ce carbonate est mêlé de carbonate de cobalt : pour séparer ces deux métaux l'un de l'autre, on lave le dépôt, on le délaie dans l'eau pendant qu'il est encore humide, et l'on y fait passer un courant de chlore jusqu'à ce qu'il y en ait un excès ; on laisse l'excès de chlore se dissiper à l'air et l'on filtre; la liqueur ne contient alors que du nickel et ne renferme pas la plus petite trace de cobalt : celui-ci se trouve tout entier dans le résidu à l'état d'hydrate de peroxide, avec une certaine proportion de nickel dans le même état de combinaison. Lorsque, dans le mélange de carbonate de nickel et de cobalt, c'est ce dernier qui domine, le résidu, après l'action du chlore, est de l'hydrate de peroxide de cobalt pur, et la dissolution contient tout le nickel avec une certaine quantité de cobalt.

Le protoxide de nickel pur, calciné à la chaleur blanche, est d'un vert olivâtre terne.

5g. d'oxide de nickel ainsi préparé, ayant été chauffés dans un creuset brasqué à la température de 164° pyrométriques, ont donné un culot bien fondu, d'un gris

blanc intermédiaire entre la couleur du fer et celle du platine, demi-ductile, et à cassure en partie crochue, en partie fibreuse, comme la fonte douce, fortement magnétique, mais moins cependant que le cobalt; il pesait 3g.,94 = 0,788 ; d'où oxigène = 0,212.

Dans un autre essai 10g. d'oxide ont donné un culot pesant 7g.,75 : il contenait une partie scoriforme dans laquelle on a trouvé beaucoup de petites grenailles métalliques et environ 0g.,1 de matières terreuses.

10g. du même oxide mêlés avec 5g. d'un verre terreux composé de silice, d'alumine et de chaux, ont produit au creuset brasqué un culot métallique parfaitement fondu, pesant 7g.,75, et une scorie vitreuse transparente et d'un gris de silex. On voit par ce résultat, peu différent des précédens, que ces substances vitreuses ne retiennent que très-peu d'oxide de nickel lorsqu'elles sont fondues avec le contact du charbon. Comme il paraît certain que le nickel absorbe, à une haute température, une certaine quantité de carbone, il est évident que l'oxide doit contenir au moins 0,212 d'oxigène, proportion très-éloignée de celle à laquelle M. Lassaigne s'est arrêté.

J'ai analysé le muriate qui résulte de l'action du chlore sur le carbonate de nickel. Sa composition, qui est presque identique avec celle que l'on peut déduire des nombres adoptés par M. Berzelius pour l'oxide, vient à l'appui de ces nombres : j'ai eu :

Protoxide de nickel,	1g.,96	— 0,5764 ;
Acide muriatique,	1,44	— 0,4236.
	3,40	1,0000.

Le sulfate de nickel se réduit aisément : 10g. de ce sulfate parfaitement pur et chauffé au rouge naissant, ayant été exposés dans un creuset brasqué à la température d'environ 150d pyrométriques, se sont changés en un culot de sulfure d'un gris blanc légèrement nuancé de rouge, à cassure en partie grenue, en partie lamelleuse et très-éclatante, très-sensiblement magnétique : il pesait 5g,2 ; le charbon qui l'entourait exhalait l'odeur sulfureuse. 100 parties de sulfate pourraient produire 58,72 de sulfure NS^2, ou 48,40 de sulfure NS. Ces nombres seraient peu différens dans l'hypothèse de M. Lassaigne : ce n'est donc ni l'un ni l'autre de ces sulfures que j'ai obtenus, mais probablement un mélange de sulfure NS^2 et de métal. Le sulfure de nickel est en partie décomposé par le charbon à une haute température comme plusieurs autres sulfures ; de là venait sans doute l'odeur sulfureuse que répandait la brasque.

La composition de l'oxide de cobalt ne diffère pas d'une manière notable de celle de l'oxide de nickel ; aussi ces deux oxides donnent-ils, lorsqu'on les réduit au creuset brasqué, presqu'exactement la même quantité de métal. 20 gr. de protoxide de cobalt parfaitement pur, et dont on avait séparé le nickel par le moyen du chlore, mêlés avec 4 gr. de verre terreux, composé de silice, d'alumine et de chaux, ont produit un culot métallique parfaitement fondu, très-magnétique, malléable comme la fonte douce, à cassure fibreuse et d'une couleur tout-à-fait semblable à celle du nickel ; il pesait $15,75 = 0,787$, d'où oxigène $= 0,213$. La scorie était vitreuse et transparente et elle avait une très-légère teinte bleuâtre ;

son poids n'était pas augmenté sensiblement; elle ne retenait donc qu'une trace d'oxide de cobalt.

Le sulfate de cobalt réduit au creuset brasqué, à une température élevée, m'a donné 0,50 de sulfure gris, magnétique, à cassure grenue. Ce résultat est analogue à celui qu'on obtient avec le sulfate de nickel. Une partie du sulfure a dû être réduite par le charbon.

Sur *la Coloration produite par la lumière, dans une espèce particulière de carreaux de vitres.*

Par M. Faraday.

Certains carreaux de vitres, employés en Angleterre, acquièrent par degrés, comme tout le monde sait, une teinte pourprée qui, à la longue, devient très-intense. Ce changement est lent, mais pas assez cependant pour qu'on ne le remarque pas au bout de deux ou trois ans. La plupart des vitres qui furent placées, il y a peu d'années, dans les maisons de *Bridge Street, Blackfriars*, étaient, à l'origine, incolores; maintenant elles ont acquis une teinte violette ou pourpre. Dans l'intention de découvrir si les rayons solaires avaient quelque influence sur ces changemens, je fis l'expérience suivante:

Je choisis trois vitres qui me paraissaient devoir éprouver des changemens de couleur. L'une d'elles avait une teinte légèrement violacée; les deux autres étaient pour-

pres, mais à un degré tellement faible qu'on n'apercevait cette nuance que sur la tranche. On brisa chacune de ces vitres en deux parties : trois de ces six fragmens, enveloppés dans du papier, restèrent déposés dans un lieu obscur; les trois autres furent exposés à l'air et au soleil. L'expérience commença en janvier 1822 ; on n'examina les verres que dans le mois de septembre suivant. Les fragmens garantis de l'action du soleil n'avaient éprouvé aucun changement; les couleurs des autres, au contraire, s'étaient considérablement foncées, et à un tel degré, qu'on aurait pu difficilement admettre, si les détails de l'expérience n'avaient pas été connus, que ces verres étaient de la nature de ceux qu'on avait laissés dans l'obscurité. Ainsi, il paraît que les rayons du soleil exercent une action chimique, même sur un composé aussi compacte et aussi permanent que le verre.

Observation *sur le Gaz nitreux que l'on a annoncé se dégager dans la cuite du sucre de betteraves.*

Par M. Descroizilles.

Dans quelques publications récentes sur l'extraction du sucre de betteraves, on lit que vers la fin de la cuite des sirops, il s'en échappe des bouffées de gaz nitreux.

Se contenter de dire que le suc des betteraves qui ont été cultivées dans des terrains trop engraissés par les fumiers contient du nitrate, c'est ne donner qu'une explication très-insuffisante d'un phénomène jusqu'à présent très étonnant. Il fallait, ce me semble, nous

apprendre ensuite comment un nitrate peut se décomposer dans une opération aussi simple.

Mettez, tant qu'il vous plaira, de tel nitrate que vous croirez le plus convenable dans la dissolution chaude d'un extrait sucré, et vous n'en obtiendrez point de gaz nitreux, si c'est seulement aux degrés de chaleur et de concentration ordinaires à ces cuites. J'avais donc placé ce fait dans ma mémoire pour qu'à l'occasion il devînt l'objet d'une de mes méditations.

Dernièrement je m'entretenais de cette singularité avec M. Bréchaut de Clichy, lorsque tout-à-coup l'explication complète s'offrit à ma pensée, ainsi qu'il suit.

La chaux vive est employée dans plusieurs manufactures de sucre de betteraves : son usage est suivi de celui de l'acide sulfurique, et vraisemblablement dans le but de saturer la chaux après qu'elle a produit l'effet desiré. Mais si la proportion d'acide outre-passe celle de la chaux qui s'offre à lui, il est évident que cet excédant resté libre pourra, vers la fin de la cuite, décomposer du nitrate, et surtout si c'est du nitrate de chaux, d'où alors s'échappera le gaz nitreux.

Si cette explication rend complète la solution du problême proposé, il me semble encore que je ne dois pas m'y borner en ce moment, car il faut en profiter pour donner l'avis d'éviter un très-grave inconvénient, celui de la destruction d'une partie du sucre espéré, rien ne pouvant opérer cette destruction autant que le gaz nitreux. Voilà donc vraisemblablement une des causes du peu de succès de la plupart des fabriques de sucre de betteraves! Il serait donc, selon moi, très-utile que mon observation reçût, le plus promptement possible,

la publication la plus générale dans la saison actuelle, où plusieurs de ces fabriques sont en activité.

Elève d'*Hilaire Morin Rouelle*, je l'aidais, il y a près de cinquante ans à extraire du sucre de la betterave d'après le procédé du Prussien Margraff. « Je ne » voudrais pas (disait alors le célèbre chimiste français) » m'engager à fournir ce sucre pour cent francs la li- » vre. » J'en disais autant moi-même, lorsqu'en 1779 je faisais la même opération dans mon cours public de chimie à Rouen, et cependant déjà, depuis plusieurs années, quelques-unes de nos fabriques de sucre de betteraves peuvent lutter commercialement contre les sucreries d'Amérique.

Mémoire *sur la Possibilité de reconnaître, par les moyens chimiques, la présence de l'acétate de morphine chez les animaux empoisonnés par cette substance vénéneuse.*

Par Mr J.-L. Lassaigne.

(Extrait.)

L'Auteur, en se livrant à ce travail important, a entrepris une série d'expériences tant sur les voies digestives que sur les diverses humeurs des animaux empoisonnés par cette substance. Les résultats qu'il publie aujourd'hui ne sont que le commencement d'un travail plus étendu qu'il se propose de faire sur les autres alcalis végétaux qui jouissent de propriétés vénéneuses.

M. Lassaigne a suivi le procédé suivant : s'agit-il d'un liquide où l'on soupçonne la présence de l'acétate de morphine, il l'évapore à une chaleur très-modérée, traite le résidu par l'alcool pour en séparer les substances animales et dissoudre l'acétate de morphine, ainsi que l'osmazôme et quelques sels. L'alcool est évaporé à son tour. La matière qu'il laisse est dissoute dans l'eau pour isoler une matière grasse. Alors il laisse évaporer spontanément cette dernière dissolution, et quand elle recèle de l'acétate de morphine, celui-ci cristallise en prismes divergens, de couleur jaunâtre, qu'on reconnaît, 1°. à leur saveur amère, 2°. à leur décomposition par l'ammoniaque, 3°. au dégagement de l'acide acétique quand on verse dessus de l'acide sulfurique concentré; 4°. enfin, à la couleur d'un rouge orangé qu'ils développent par le contact de l'acide nitrique. Cependant si ce sel y était en petite quantité, il resterait mélangé avec l'osmazôme, qui l'empêcherait de cristalliser : alors l'acide nitrique décélerait son existence par sa coloration.

Si c'est un solide sur lequel on doit opérer, on le fait bouillir dans l'eau pendant dix minutes environ, et on agit sur la décoction comme il vient d'être dit ci-dessus.

Si les matières où l'on présume la présence de l'acétate de morphine étaient alcalines, il faudrait ajouter à l'eau ou à l'alcool dont on se sert pour les traiter, une petite quantité d'acide acétique pour rétablir l'acétate de morphine qui aurait pu être décomposé.

En observant ces règles, l'auteur a retrouvé l'acétate de morphine : 1°. dans les matières du vomissement

en isoler facilement sa base, et la couleur rouge que fait naître l'acide nitrique n'est plus équivoque.

Il résulte des recherches consignées dans ce Mémoire :

1°. Qu'il est possible, dans beaucoup de cas d'empoisonnement par l'acétate de morphine, de découvrir, par les moyens que l'auteur indique, des traces sensibles de ce poison végétal ;

2°. Que les matières rendues par le vomissement, peu de temps après l'ingestion dans l'estomac, en contiennent des quantités pondérables ;

3°. Que c'est toujours dans les viscères où le poison a été porté qu'on peut retrouver les restes qui attestent sa présence ;

4°. Que toutes les recherches qu'il a faites jusqu'ici pour le découvrir dans le sang des animaux morts ont été infructueuses.

EXTRAIT *d'une Lettre du colonel* A. Evain, *directeur de l'Arsenal de construction de Metz, à M.* Gay-Lussac.

AYANT entendu dire au lieutenant-colonel d'artillerie Aymar que le soufre avait la propriété de percer le fer échauffé au rouge, lorsqu'on l'appliquait à sa surface, j'ai fait les expériences suivantes :

J'ai fait mettre au feu d'une forge ordinaire, alimentée avec de la houille, une lame de fer forgé d'environ 16 millimètres d'épaisseur, et lorsqu'elle a été échauffée au rouge soudant, on l'a retirée et on a appliqué à

sa surface un bâton de soufre de $15^{mil.}$,5 de diamètre; en quatorze secondes, le soufre a fait dans le fer un trou de part en part, parfaitement circulaire; une autre barre de fer de 54 mil. d'épaisseur (2 pouces) a été percée en 15 secondes. Les trous avaient parfaitement conservé la forme des bâtons de soufre employés, et qui étaient cylindriques ou prismatiques : cependant ils étaient plus réguliers du côté de la sortie du soufre que du côté de l'entrée, où il y avait quelques bavures.

L'acier, qui était en barres formées avec de vieilles limes corroyées et soudées ensemble, a été percé plus promptement encore que le fer (un quart plus vite à-peu-près), et a présenté les mêmes phénomènes pour la régularité des trous.

La fonte grise, qu'on avait parfaitement décapée à froid et ensuite à chaud, chauffée jusqu'au point où elle allait se liquéfier, n'a subi aucune altération de l'application du soufre à sa surface; le soufre n'y a même laissé aucune marque. J'ai pris un morceau de cette fonte façonnée en creuset, et j'ai mis dans l'intérieur du soufre et du fer : en échauffant la fonte, le fer et le soufre se sont fondus promptement; mais la fonte n'a éprouvé aucune altération.

L'expérience dont vous parlez dans les *Annales*, de couper l'acier trempé au moyen du fer doux, a parfaitement réussi, à la grande surprise de tous les ouvriers présens, qui n'en soupçonnaient pas le résultat. L'explication que vous en donnez est très-juste; car, en précipitant le mouvement du disque de tôle que j'avais fait monter sur un tour, on voyait la lime qui lui était pré-

sentée devenir rouge-cerise dans l'endroit du contact. On coupait une lime de 7 mil. (3 lignes) d'épaisseur en moins d'une demi-minute.

Metz, 19 janvier 1824.

Sur *les Dilatations inégales qu'un même cristal éprouve dans différentes directions, par l'effet de la chaleur.*

En mesurant les inclinaisons mutuelles des faces d'un cristal de carbonate de chaux, à des températures diverses, M. Mitscherlich a observé qu'elles variaient d'une manière sensible avec la température, et il a trouvé que de 0 à 100°, cette variation était de $8' \frac{1}{2}$. Lorsque la température augmente, les angles dièdres obtus diminuent, ou, en d'autres termes, le petit axe du rhomboïde se dilate plus que ses autres diagonales, de manière que sa forme se rapproche de celle du cube. M. Mitscherlich présumait qu'en conséquence la double réfraction de ce cristal devait diminuer; c'est ce qui vient d'être confirmé par une expérience qu'il a faite avec M. Fresnel, en suivant le procédé dont celui-ci s'était servi, en 1817, pour rendre plus sensibles les changemens que la chaleur apporte dans les teintes des lames de sulfate de chaux (*Ann.*, tome IV, page 298): M. Fresnel avait observé alors que l'élévation de température diminue d'une manière très-sensible la double réfraction du sulfate de chaux. D'après une expérience récente qu'il vient de faire avec M. Mitscherlich, la chaleur produirait encore le même effet, quoiqu'à un degré

beaucoup plus faible, sur le cristal de roche : cette expérience a toutefois besoin d'être répétée.

Il paraîtrait donc que, en général, la chaleur distribuée uniformément dans un cristal diminue sa double réfraction. M. Mitscherlich pense que la chaleur doit tendre toujours à écarter davantage les molécules du cristal dans le sens où elles sont le plus rapprochées.

EXPÉRIENCES *sur la Tenacité du fer.*

Par M. SEGUIN aîné, d'Annonay.

ON s'est beaucoup occupé, dans ces dernières années, tant aux Etats-Unis qu'en Europe, de la construction de ces ponts particuliers dont les sauvages d'Amérique nous ont fourni le modèle, et qui sont suspendus, quand on les destine à supporter de fortes charges, soit à de grandes chaînes, soit à des câbles en fils de fer, tendus de l'une à l'autre rive d'un fleuve. Les ponts de cette espèce paraissent très-économiques. Celui que les ingénieurs anglais ont construit, en 1820, sur la Tweed, a 360 pieds de long et n'a coûté que 120000 francs. On en exécute actuellement un sur le détroit de Menai, entre l'île d'Anglesey et le comté de Carnarvon, de 560 pieds de long, et qui sera élevé de 100 pieds au-dessus du niveau de la mer, pour que les bâtimens puissent passer dessous à pleines voiles. MM. Seguin, d'Annonay, viennent d'obtenir du Gouvernement la concession d'un pont de ce genre à établir entre les deux rives du Rhône, de Tain à Tournon. Comme ils n'ont pas le projet d'y employer de chaînes et que le pont sera suspendu à des fils de fer, ils ont dû commencer à chercher, par des expériences directes, quels poids on peut suspendre à des fils de diverses qualités de fer et de grosseurs connues, pour qu'ils se rompent. Ce sont les résultats de ces expériences que nous mettons sous les yeux de nos lecteurs : nous devons ajouter que MM. Seguin nous les avaient déjà communiqués en octobre 1823.

TABLEAU *comparatif de la force des fers.*

DÉSIGNATION de la qualité des fers.	DIMENSIONS.	Poids soutenu.	Tenacité par millimètre.	OBSERVATIONS.
	millimètres.	kilog	kilog	
Fonte de fer.	6,7 sur 6,7	479	10,58	provenant des débris marmite.
Fer de Bourgogne. .	32 sur 27		20,23	à gros grains.
Carillon *id.*	13 sur 13	5226	30,45	
Idem. *id.*	13,5 sur 13,5	5435	29,70	chauffée au rouge sna refroidie lentement
Idem. *id.*	13,3 sur 13,3	5280	29,70	coupée au milieu, so bout à bout sans ét
Idem. *id.*	10,15 sur 10,15	5688	55,20	coupée au milieu, so en sifflet, étirée.
Idem. *id.*	4,5 sur 4,5	1238	61,00	plus étirée que la pr dente, sans soudu
Fer, dit ruban *id.* .	20,3 sur 1,7	1541	44,70	très-doux, filets sp gieux à la cassure.
Fer tiré de Bourgogne, de fabrique inconnue. n° 8	1,172 diamètre.	41,30	38,24	recuit inégalement.
7	1,062	31,40	36,09	recuit exactement.
18	3,366	505,60	56,77	non recuit.
7	1,062	65,50	73,73	non recuit.
Fil de Laigle	0,2294	37,18	89,85	employé pour la car
Passe-perle	0,5917	23,60	85,73	assez doux.
FIL DE FER de la manufacture de veuve Fleur, de Besançon. n° 1	0,6188	25,96	86,11	doux.
2	0,7078	34,25	86,98	doux.
3	0,7327	34,12	80,81	cassant.
4	0,8380	42,30	76,61	cassant.
5	0,9115	47,25	72,34	très-cassant.
6	1,022	62,56	76,08	
7	1,080	65,25	71,21	
8	1,123	66,75	67,28	très-cassant.
9	1,293	91,74	69,77	assez cassant.
10	1,435	105	64,84	très-doux.
11	1,476	100,25	58,5[illegible]	très-doux.
12	1,691	124,80	55,52	
13	1,800	145,50	57,18	
14	2,072	166,50	49,32	très-doux, sans ress
15	2,226	202	51,86	
16	2,489	311	63,87	très-doux.
17	2,695	389	68,15	pailleux.
18	3,087	617	84,00	
19	3,402	750	78,23	
20	4,140	874,75	65,74	
21	4,812	1138	62,52	
22	5,449	1579	67,66	très-cassant.
23	5,942	1738,50	62,63	doux.

On voit, dit M. Seguin, qu'il existe deux *minimum* de force ; le premier dans les numéros 18 et 19, le second dans les numéros les plus fins ; et un *minimum* dans les numéros 14 et 15. Les anomalies intermédiaires, que l'on observe de deux en deux ou de trois en trois termes, viennent sans doute des allongemens successifs qu'a subis le fer, que l'on fait passer, dans les fabriques, deux ou trois fois par les filières avant de le recuire, et qui peut éprouver des gerçures lorsqu'il est trop tiré, sans recuit, ou se rapprocher de la tenacité du fil recuit lorsqu'il n'est tiré que légèrement après cette opération. S'il en était ainsi, un allongement proportionnel à la force du fer, qu'une bonne étude dans une manufacture indiquerait facilement, pourrait contribuer puissamment à donner au fil de fer la qualité que nous recherchons ici.

NOTE *communiquée par M.* Mongès, *sur un Aérolithe.*

(Extrait de *Lydus de Ostentis*, cap. VII, pag. 25 (1)).

« ANAXAGORE prédit, dans la 78me olympiade, qu'il
» tomberait une pierre du soleil ; ce qui arriva un peu
» plus tard en Thrace. L'on montre encore cette pierre,
» que l'on juge, au premier coup-d'œil, avoir été brû-
» lée. Apuleius raconte que la même chose était arrivée
» à Abydus et à Cyzique : on y conserve encore cette
» pierre, *qui est de couleur de feu, et qui présente de toute*
» *part des traces de fer*. »

---

(1) Auteur du 6e siècle de l'ère vulgaire. Ce Traité paraît pour la première fois.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	748,30	+ 7,9	95	746,74	+ 9,5	99	746,71	+ 8,5	98	748,03	+ 7,0	90	+ 9,5	+ 6,8	Pluie abondante.	S. S. O. fort.
2	748,44	+ 6,0	91	749,35	+ 9,1	85	749,57	+ 9,2	83	752,46	+ 7,2	96	+ 9,3	+ 5,2	Nuageux.	O. S. O. fort.
3	760,77	+ 5,8	94	762,47	+ 8,0	86	763,91	+ 7,8	81	767,46	+ 3,2	97	+ 8,0	+ 3,2	Très-nuageux.	N. O.
4	770,53	+ 1,8	99	771,07	+ 3,6	99	770,72	+ 4,8	86	771,20	+ 1,0	99	+ 4,3	+ 1,0	Voilé par le brouill.	N. faible.
5	770,70	+ 0,6	91	769,47	+ 2,5	82	769,05	+ 2,5	86	767,71	+ 0,0	90	+ 2,5	— 0,5	Beau, brouillard.	N. N. E.
6	765,75	— 2,5	95	764,83	— 0,5	91	764,33	— 0,0	90	763,59	— 3,8	99	— 0,0	— 4,3	Beau, brouillard.	N. E.
7	764,17	+ 0,2	99	764,60	+ 0,5	100	764,60	+ 1,0	94	765,40	+ 1,8	99	+ 1,8	+ 0,3	Neige fine, brouill.	N.
8	766,42	+ 1,5	99	766,97	+ 2,5	99	765,90	+ 2,8	96	766,20	+ 1,6	81	+ 2,8	+ 1,2	Couvert brouillard.	N.
9	766,04	+ 0,9	86	765,33	+ 1,1	83	764,97	— 0,0	86	764,90	— 1,5	90	+ 1,1	— 1,5	Couv., léger brouil.	E.
10	764,50	— 3,0	95	763,35	— 0,8	87	762,30	— 0,8	86	762,00	— 2,2	92	— 0,8	— 4,2	Couvert, brouillard.	S. O.
11	761,88	— 2,0	99	762,00	— 0,2	97	762,67	— 0,4	98	765,90	— 0,2	99	— 0,3	— 2,8	Couvert, brouillard.	O. S. O.
12	769,24	+ 1,0	97	769,18	+ 1,5	97	769,26	+ 1,5	96	770,10	+ 0,2	97	+ 1,5	+ 0,2	Très couv., brouill	N. E. faible.
13	771,98	— 1,9	98	771,20	— 0,8	94	771,07	— 1,8	96	770,64	— 4,0	99*	— 0,8	— 4,0	Couvert, brouillard.	E.
14	769,13	— 4,7	99	768,21	— 4,1	99	767,35	— 4,0	99	767,63	— 3,6	99	— 3,6	— 4,8	Brouill. épais, givre.	N.
15	766,02	— 0,8	99	764,96	+ 1,5	99	764,22	+ 2,5	99	764,54	+ 1,0	99	+ 2,5	— 1,3	Br., neige par interv.	N. O.
16	769,48	+ 0,1	98	769,66	+ 2,2	86	769,61	+ 3,0	91	770,54	+ 0,9	99	+ 3,0	— 0,5	Nuages à l'horizon.	N. N. O.
17	771,25	+ 0,2	99	770,12	+ 1,8	99	769,35	+ 2,2	100	769,40	+ 1,5	100	+ 2,2	— 0,3	Couvert; brouillard.	N.
18	760,12	+ 1,8	100	768,25	+ 3,5	100	767,45	+ 3,8	100	766,25	+ 2,0	100	+ 3,8	+ 1,0	Couvert, brouillard.	O.
19	764,60	+ 1,2	100	764,04	+ 3,2	100	763,00	+ 3,8	100	761,84	+ 2,7	100	+ 3,8	+ 0,5	Couvert brouillard	S. S. E. faible.
20	760,28	+ 4,7	100	759,80	+ 6,6	90	759,09	+ 5,9	89	758,31	+ 3,1	80	+ 6,6	+ 3,1	Couvert, brouillard.	N.
21	755,80	+ 2,7	94	755,52	+ 5,0	84	753,08	+ 5,2	79	750,73	+ 1,9	90	+ 5,3	+ 1,9	Nuageux, brouill.	S. O. fort.
22	744,00	+ 3,0	99	740,90	+ 4,1	99	738,58	+ 4,2	100	734,27	+ 6,5	100	+ 6,5	+ 2,8	Pluie abondante.	S. très fort.
23	735,05	+ 8,4	93	732,17	+ 9,0	92	730,71	+ 7,7	93	734,40	+ 6,2	96	+ 10,0	+ 6,2	Pluie assez forte.	S. O.
24	750,44	+ 5,2	91	752,86	+ 7,5	84	756,02	+ 7,8	83	759,66	+ 1,5	98	+ 7,8	+ 1,5	Nuageux.	N. O.
25	762,45	+ 7,5	97	762,72	+ 10,7	95	763,33	+ 10,7	96	765,36	+ 9,0	99	+ 11,0	+ 6,2	Couvert.	S. O.
26	766,02	+ 7,5	94	765,40	+ 9,1	89	764,80	+ 7,8	94	763,50	+ 4,1	99	+ 9,1	+ 4,1	Couvert, brouillard	S. O.
27	760,50	+ 4,8	99	759,50	+ 9,0	98	757,80	+ 11,7	91	755,50	+ 8,5	99	+ 11,8	+ 1,6	Quelques éclaircies.	S.
28	753,98	+ 6,1	94	750,77	+ 8,0	88	748,86	+ 6,0	94	749,52	+ 4,0	92	+ 8,0	+ 4,0	Couv., léger brouill.	S. O.
29	753,80	+ 4,2	90	753,82	+ 6,2	77	754,20	+ 6,5	[illegible]	755,85	+ 2,6	92	+ 6,7	+ 2,0	Très-nuageux	O. N. O.
30	760,77	+ 2,2	98	761,55	+ 5,2	90	761,27	+ 5,5	78	762,55	— 0,7	94	+ 5,5	— 0,8	Trouble et nuageux.	N. O.
31	761,50	— 1,0	99	761,20	+ 3,1	96	760,10	+ 4,5	84	759,65	— 1,7	98	+ 4,5	— 3,3	Légers nuag., brouil.	S. O.
1	762,61	+ 1,0	94	762,33	+ 3,5	91	761,21	+ 3,6	89	762,90	+ 1,4	93	+ 3,9	+ 0,7	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	767,30	— 0,0	99	766,74	+ 1,5	96	766,31	+ 1,6	97	786,52	+ 0,4	97	+ 1,9	— 0,9	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 3,300
3	754,94	+ 4,6	95	754,13	+ 7,0	90	753,52	+ 7,1	88	753,74	+ 3,9	96	+ 7,8	+ 2,4	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 2,9..
	761,40	+ 2,2	96	760,84	+ 4,1	92	760,45	+ 4,3	91	760,81	+ 1,9	95	+ 4,6	+ 0,8	Moyennes du mois,	+2°,7.

Extrait *d'un Mémoire sur la Théorie du magnétisme.*

Par M. Poisson.

(Lu à l'Académie des Sciences le 2 février 1824.)

Les physiciens ont expliqué les attractions et les répulsions électriques en les attribuant à deux fluides distincts, qui sont tels que les molécules de chacun d'eux repoussent celles du même fluide, et attirent, avec la même force, celles de l'autre fluide; et la loi de cette force, conclue de l'observation directe, est celle de la raison inverse du carré des distances, la même que la loi de l'attraction newtonienne, qui paraît régir toutes les actions des corps, sensibles à de grandes distances. En partant de cette hypothèse, on a déterminé, par l'analyse mathématique, la distribution de l'électricité à la surface des corps conducteurs, la pression électrique qui a lieu, de dedans en dehors, en chaque point de cette surface, et l'action de la couche électrique qui la recouvre sur un point quelconque de l'espace. Les résultats du calcul se sont trouvés parfaitement d'accord avec les expériences nombreuses que Coulomb a faites, il y a près de quarante ans, sur cette matière; et maintenant cette partie de l'électricité où l'on suppose les deux fluides en repos, et où l'on fait abstraction de toute action propre de la matière des corps électrisés; cette partie, disons-nous, est complète, ou, du moins, elle ne présente plus que des

difficultés d'analyse relatives à la forme et au nombre des corps soumis à leur influence mutuelle.

L'induction a suffi pour attribuer de même les attractions et les répulsions magnétiques à deux fluides impondérables que les physiciens ont appelés fluide *boréal* et fluide *austral*. Il était naturel de leur supposer le même mode d'action réciproque qu'aux deux fluides électriques; et, en effet, à la même époque où Coulomb a démontré, par l'observation, la loi élémentaire des actions électriques en raison inverse du carré des distances, il a aussi conclu de ses expériences que cette loi convient également aux actions magnétiques. Toutefois, les preuves qu'il a données, et qui sont incontestables pour l'électricité, sont loin d'être aussi concluantes par rapport au magnétisme; mais cela n'empêche pas d'admettre la même loi pour les actions à distances de ces deux genres de fluides impondérables, sauf à montrer que les conséquences qui s'en déduisent par un calcul rigoureux s'accordent complètement avec l'expérience, pour le magnétisme comme pour l'électricité.

Indépendamment de la similitude des actions et répulsions électriques et magnétiques, il existe encore une autre analogie entre l'électricité et le magnétisme : je veux parler de la distinction des corps en deux classes, selon qu'ils perdent ou conservent plus ou moins long-temps l'état magnétique ou électrique qu'on leur a fait prendre. Relativement à l'électricité, les corps que l'on appelle *conducteurs* s'électrisent instantanément par l'influence des corps voisins déjà électrisés, et aussitôt qu'on les a soustraits à

cette influence, ils ne conservent aucune trace d'électricité. Au contraire, les corps non-conducteurs ne s'électrisent pas sensiblement par influence, à moins qu'elle ne soit très-forte ou très-prolongée; mais lorsqu'on les a électrisés par d'autres moyens, ils conservent, en chacun de leurs points, l'électricité qu'on y a introduite, et qui s'y trouve retenue par une action propre de la matière de ces corps. A cet égard, les corps susceptibles d'aimantation se comportent d'une manière analogue : les uns, comme le fer doux, par exemple, qui n'a été ni tordu ni écroui, s'aimantent par l'influence d'un aimant voisin, et dès qu'ils en sont éloignés, ils ne donnent plus de signes de magnétisme; les autres, tels que l'acier trempé, ne s'aimantent que très-difficilement par influence; mais si on a excité en eux le magnétisme par d'autres moyens plus puissans, ils conservent cet état magnétique, sans doute aussi en vertu de quelqu'action particulière que leur matière exerce sur les deux fluides *boréal* et *austral*.

Telles sont les analogies principales que l'observation fait d'abord reconnaître entre l'électricité et le magnétisme; mais, d'un autre côté, il existe entre ces deux affections des corps des différences essentielles que nous allons rappeler, et qui ne permettent pas d'appliquer immédiatement au magnétisme la théorie de l'électricité.

L'électricité pénètre toutes les substances, soit pour les traverser librement, soit pour s'attacher à leurs molécules; au contraire, ce n'est que dans un petit nombre de corps, dans le fer à différens états, dans l'acier, le nickel et le cobalt, que l'on a reconnu dis-

tinctement des traces de magnétisme. D'après cela, on a pu se demander si le magnétisme est un fluide particulier, qui n'existe que dans les corps susceptibles d'aimantation, ou si ce n'est que le fluide électrique, modifié par quelques propriétés spéciales de ces corps, et distribué d'une manière particulière dans leur intérieur. Nous ne croyons pas qu'on puisse décider cette question dans l'état actuel de la science : tout ce qu'on a prouvé jusqu'ici, c'est qu'on parvient à développer le magnétisme dans les corps par l'action de l'électricité ; mais l'identité du fluide magnétique et du fluide électrique ne résulte pas nécessairement des faits importans qui ont été récemment découverts. Heureusement la solution de cette question n'importe nullement à l'objet de ce Mémoire ; notre analyse est indépendante de la matière particulière des fluides *boréal* et *austral* : notre but est simplement de déterminer les résultantes de leurs attractions et répulsions, et comment ils sont distribués dans les corps aimantés.

Sur ce dernier point, l'opinion des physiciens n'a pas toujours été la même. Avant les travaux de Coulomb sur le magnétisme, on supposait les deux fluides transportés, par l'acte de l'aimantation, aux deux extrémités des aiguilles de boussole, et accumulés à leurs poles ; tandis que, suivant cet illustre physicien, les fluides *boréal* et *austral* n'éprouvent que des déplacemens infiniment petits, et ne sortent pas de la molécule du corps aimanté à laquelle ils appartenaient avant l'aimantation. Cette opinion, très-singulière au premier abord, est cependant celle qui a généralement prévalu ; mais la théorie dont elle est le principe ne pouvait être conve-

nablement développée que par l'analyse mathématique, ainsi qu'on le verra dans la suite de ce Mémoire. Voici le fait général sur lequel l'opinion de Coulomb est établie, et qui ne permet pas, selon nous, de douter de la nécessité de son hypothèse.

Si l'on approche d'un aimant un morceau de fer doux, celui-ci s'aimantera par influence, et dans le contact, ces deux corps adhéreront l'un à l'autre plus ou moins fortement. Il en sera de même à l'égard d'un ou plusieurs autres morceaux de fer qu'on approchera du premier : ces autres corps s'aimanteront aussi par influence, et adhéreront au premier dans le contact. Cela étant, si l'on sépare ces différens morceaux de fer, et qu'on les soustraie ensuite à l'influence de l'aimant, on trouve qu'ils sont tous revenus à leur état naturel, et qu'aucune portion de fluide magnétique n'a passé ni de l'aimant dans le fer, ni d'un morceau de fer dans l'autre. Or, c'est là une différence capitale entre le magnétisme et l'électricité des corps conducteurs; car le fluide électrique passe librement d'un de ces corps dans un autre lorsqu'ils sont en contact, ou seulement quand ils sont assez rapprochés pour que la pression de l'air qui contient l'électricité à leurs surfaces soit vaincue par les pressions électriques. Ce fait relatif au fluide magnétique est général; il est indépendant de la forme et du volume des morceaux de fer doux que l'on met en contact, aussi bien que de leur degré de magnétisme, ou de la force de l'aimant qui agit sur eux : quelqu'intime que le contact ait été et quelque temps qu'il ait duré, ce fluide ne passe jamais d'un morceau de fer dans l'autre; d'où il est naturel de

conclure qu'aucune quantité sensible de magnétisme n'est transportée non plus d'une partie dans l'autre du même morceau de fer, et que les deux fluides *boréal* et *austral* que ce métal contient à l'état naturel, n'éprouvent dans son intérieur que des déplacemens insensibles, lorsqu'ils sont séparés l'un de l'autre par une action extérieure. Cette conclusion s'étend également aux corps aimantés qui retiennent le magnétisme qu'on leur a fait prendre, soit par l'influence prolongée d'un fort aimant, soit par d'autres procédés d'aimantation : la seule différence qu'il y ait à cet égard entre ces corps et le fer doux, c'est qu'il existe en eux, comme nous l'avons dit plus haut, une force particulière à chaque substance, que l'on connaît sous le nom de force *coercitive*, dont l'effet est d'arrêter les particules de l'un et l'autre fluide dans la position qu'elles occupent, et de s'opposer ainsi à la séparation des deux fluides, et ensuite à leur réunion.

Une question se présente maintenant, qui ne paraît pas avoir fixé jusqu'ici l'attention des physiciens, et à laquelle on est cependant conduit par cette propriété du fluide magnétique d'appartenir toujours aux mêmes parties intimes des corps aimantés. Non-seulement il n'est pas prouvé que cet agent soit identique avec le fluide électrique; mais il n'est pas même nécessaire de supposer que les phénomènes magnétiques soient produits, dans tous les corps, par un fluide jouissant partout de la même intensité d'action attractive ou répulsive, et qu'on doive considérer, en conséquence, comme le même fluide dans des corps de matières différentes. L'identité de nature du fluide électrique résulte pour

nous de ce qu'en passant d'un corps conducteur dans un autre, une même portion de ce fluide conserve toutes ses propriétés, et exerce, dans les mêmes circonstances, les mêmes attractions ou répulsions; mais cette raison n'ayant pas lieu par rapport au magnétisme, nous ne savons pas, *à priori*, si nous devons regarder comme une même substance impondérable le fluide magnétique appartenant à deux corps différens, au nickel pur et au fer doux, par exemple. Ainsi, l'expérience seule peut nous apprendre si, abstraction faite de la force coercitive, qui est très-faible dans ces deux métaux, la même cause extérieure produira le même effet sur le fluide magnétique que l'un et l'autre renferme, ou, pour rendre notre énoncé plus précis, si des aiguilles de même forme et de mêmes dimensions, les unes de nickel et les autres de fer, étant soumises à l'action magnétique du globe terrestre, ou d'un autre aimant quelconque, feront en temps égaux les mêmes nombres ou des nombres différens d'oscillations. M. Gay-Lussac a bien voulu s'occuper de résoudre cette question, et il y est parvenu en substituant à l'observation directe dont nous parlons une autre expériences non moins concluante, qu'il a jugée plus susceptible d'exactitude. Voici en quoi consiste cette expérience et quels en ont été les résultats :

On a fait osciller de part et d'autre du méridien magnétique, une aiguille horizontale; cette aiguille aimantée, longue de $0^{m.},2$, faisait dix oscillations en 131 secondes, en vertu de l'action de la terre; on a posé au-dessous, dans le même méridien, sur un plan fixe horizontal, éloigné de l'aiguille de $0^{m.},05$, un barreau

prismatique de fer doux, dont la longueur était de $0^m.,196$, la largeur de $0^m.,018$, l'épaisseur verticale de $0^m.,0014$, et dont le milieu se trouvait dans la même verticale que le milieu de l'aiguille : les oscillations de celle-ci se sont aussitôt accélérées, de manière qu'il y en a eu d'abord dix en 65 secondes, et bientôt le même nombre en 60 secondes, terme auquel l'accélération s'est arrêtée. Cela fait, on a enlevé le barreau de fer doux que l'on a remplacé par un barreau de nickel pur, de même forme et de mêmes dimensions : l'aiguille a fait alors dix oscillations en 78 secondes au commencement, et son mouvement s'est un peu accéléré jusqu'à ce qu'elle ait fait dix oscillations en 77 secondes. Le barreau de nickel ayant aussi été écarté, l'aiguille a repris à-peu-près son mouvement primitif : elle a fait dix oscillations en 130 secondes, en vertu de la seule action de la terre. On n'a reconnu dans les barreaux de fer et de nickel aucune trace notable de magnétisme après ces opérations, ce qui montre que la force coercitive était du moins très-faible dans ces métaux : cependant on pourrait croire qu'elle n'était pas tout-à-fait nulle, puisque les deux barreaux ne sont pas parvenus subitement à l'état où ils exerçaient leur plus grande influence sur le mouvement de l'aiguille; mais cette circonstance peut aussi tenir à la réaction de leur fluide magnétique sur celui de l'aiguille, réaction dont l'effet n'a dû parvenir à son *maximum* qu'après un certain intervalle de temps, à cause de la force coercitive de l'acier trempé dont l'aiguille était formée. Quoi qu'il en soit, la conséquence certaine que nous devons tirer de cette observation importante, c'est que l'action mu-

tuelle des fluides magnétiques contenus dans l'acier et le fer doux est notablement plus grande que l'action mutelle des fluides contenus dans le même acier et le nickel.

Peut-être pensera-t-on que cette différence d'action du fluide magnétique dans les différens corps qui le recèlent tient à ce que chacun de ces corps renferme, à l'état neutre, une quantité limitée de fluide boréal et de fluide austral, laquelle quantité change avec la matière du corps, et serait plus grande, par exemple, dans le fer que dans le nickel. Mais cette manière de voir serait contraire aux phénomènes, et les quantités des deux fluides qui sont contenus dans chaque corps à l'état neutre sont pour nous illimitées, c'est-à-dire, qu'avec les forces dont nous pouvons disposer, nous ne parvenons jamais à les séparer en totalité dans l'acte de l'aimantation; car lorsqu'un corps est aimanté par l'influence d'un aimant voisin, les physiciens admettent que l'intensité de son état magnétique, manifesté par les effets mécaniques qu'il produit au-dehors, s'accroît sans cesse à mesure que l'on augmente la force de l'aimant qui agit sur ce corps; ce qui suppose évidemment que l'on n'a point atteint la limite de décomposition du fluide neutre qu'il renferme, de même que l'on ne parvient pas non plus à séparer en totalité les deux fluides électriques dans l'intérieur d'un corps conducteur de l'électricité.

Il sera donc nécessaire de supposer que l'action mutuelle de deux particules magnétiques appartenant à des corps differens dépend de la matière de chacun de ces corps. Il est probable que cette action varie aussi avec leur température, et cela parait déjà indiqué par

une ancienne observation du physicien Canton, et par des expériences plus étendues et plus précises que Coulomb a laissées inédites, et qui ont été publiées par M. Biot dans son *Traité de Physique*. Ces expériences montrent l'influence de la chaleur sur le développement du magnétisme; mais ayant été faites sur des barreaux aimantés dans lesquels la force coercitive était loin d'être nulle, les effets observés étaient dus sans doute, à la fois, à la variation de cette force et au changement d'intensité d'action du fluide magnétique. C'est pourquoi il serait à désirer que les mêmes observations fussent répétées sur le fer doux et sur le nickel pur, à différentes températures, et même sur les autres métaux où le magnétisme ne s'est point encore manifesté; et, en effet, l'expérience de M. Gay-Lussac, en constatant la différence d'action du fluide magnétique dans des matières différentes, peut donner lieu de penser que l'intensité de cette action est seulement très-faible à la température ordinaire, mais non pas absolument nulle dans les autres métaux.

Après avoir exposé les hypothèses ou plutôt les données physiques de la question qui fait l'objet de ce Mémoire, il convient d'expliquer d'une manière précise comment nous nous représenterons, d'après ces données, la disposition des deux fluides boréal et austral dans les corps aimantés.

Supposons d'abord qu'il s'agisse d'une aiguille cylindrique de fer doux, d'un très-petit diamètre et d'une longueur quelconque; et que, sur le prolongement de son axe, on ait placé un ou plusieurs centres d'action magnétique. Dans l'état naturel de l'aiguille, les deux

fluides qu'elle contient sont réunis en chaque point en quantités égales, en sorte que leurs actions étant égales et de signes contraires à toute distance, elles se détruisent exactement, et il ne se manifeste aucun signe de magnétisme. L'action des centres magnétiques sur ces deux fluides les séparera l'un de l'autre, de manière, toutefois, que chaque molécule boréale ou australe soit très-peu écartée de sa position primitive. Dans ce nouvel état, les deux fluides se succéderont alternativement dans toute la longueur de l'aiguille, et cette longueur sera composée d'une suite de parties très-petites, dont chacune contiendra, comme dans l'état naturel, les deux fluides en quantités égales. Nous ne déciderons pas si l'étendue de ces parties est la longueur même des molécules du fer; il suffira à l'exactitude de nos calculs que cette étendue soit extrêmement petite, et qu'elle puisse être négligée par rapport au diamètre de l'aiguille, et, généralement, par rapport aux plus petites dimensions des corps aimantés que l'on aura à considérer. Quoique très-petite, cette étendue pourrait être inégale dans les diverses matières susceptibles d'aimantation, dans le fer et dans le nickel, par exemple; mais on verra, dans la suite de ce Mémoire, que cette différence n'en apporterait aucune dans l'action magnétique extérieure de ces substances, de sorte qu'on ne pourrait pas expliquer, par ce moyen, la différence d'action qu'elles exercent, dans les mêmes circonstances, sur les aimans placés dans leur voisinage.

Maintenant, s'il s'agit d'un corps aimanté de forme et de dimensions quelconques, il faudra concevoir, dans son intérieur, des lignes suivant lesquelles la sé-

paration des deux fluides s'est opérée, et où ils sont disposés alternativement, comme dans l'aiguille que nous avons d'abord prise pour exemple. Elles seront, en général, des lignes courbes dépendantes de la forme du corps, et des forces extérieures qui agissent sur les deux fluides : pour abréger le discours, nous les nommerons *lignes d'aimantation*, et nous appellerons *élémens magnétiques* les parties très-petites dont elles sont composées, et dont chacune contient les fluides *boréal* et *austral* en quantités égales. Ainsi, dans chaque problème particulier, on aura à déterminer, pour un point quelconque du corps que l'on considérera, la direction de la ligne d'aimantation et l'action de l'élément magnétique sur un autre point quelconque donné de position en dehors ou dans l'intérieur de ce corps. Cette action est la différence des forces exercées par les deux fluides contenus dans l'élément, laquelle différence provient de ce que les molécules *boréales* et *australes* sont un tant soit peu séparées dans l'état d'aimantation. On pourrait s'étonner de voir que des forces dues à d'aussi petites distances entre les centres dont elles émanent, fussent capables de produire des effets mécaniques appréciables, tels que les mouvemens résultant des attractions et répulsions magnétiques ; mais la résultante des actions de tous les élémens magnétiques d'un corps aimanté est une force équivalente à l'action d'une couche très-mince qui recouvrirait la surface entière de ce corps, et qui serait formée des deux fluides *boréal* et *austral*, qui en occuperaient des parties distinctes : or, nous avons déjà, dans les attractions et les répulsions des corps conducteurs de l'électricité, l'exemple d'effets mécaniques,

quelquefois très-puissans, produits par des couches fluides d'une épaisseur si petite, qu'elle échappe à nos sens et à tous nos moyens d'en apprécier l'étendue. Quant aux forces propres à chacune des deux portions de fluide isolé, soit boréal, soit austral, appartenant au même élément magnétique, elles sont incomparablement plus grandes que l'action de cet élément; et nous ne pouvons nous former aucune idée de leur intensité d'après les attractions ou répulsions magnétiques, puisque ces effets ne sont jamais dus qu'à leur différence.

C'est à cette disposition des deux fluides magnétiques dans les corps aimantés, telle que nous venons de la décrire, que nous nous sommes proposés, dans ce Mémoire, d'appliquer l'analyse mathématique.

Le premier problème que nous avons eu à résoudre a été de déterminer les composantes suivant trois axes rectangulaires, des attractions et répulsions de tous les élémens magnétiques d'un corps aimanté de forme quelconque, sur un point pris au dehors ou dans son intérieur. En ajoutant à ces composantes relatives à un point intérieur celles des forces magnétiques extérieures qui agissent sur le corps, on aura les forces totales qui tendent à séparer les deux fluides réunis en ce point. Si donc la matière du corps n'oppose aucune résistance sensible au déplacement de ces fluides dans chaque élément magnétique, ou, autrement dit, si la force coercitive est supposée nulle, il sera nécessaire, pour l'équilibre magnétique, que ces forces totales soient égales à zéro, sans quoi elles produiraient une nouvelle décomposition du fluide neutre qui n'est jamais épuisé, et l'état magné-

tique du corps serait changé. Nous avons donc égalé à zéro la somme des composantes, suivant chacune des trois directions rectangulaires auxquelles elles se rapportent. Les équations d'équilibre ainsi formées seront toujours possibles ; elles serviront à déterminer, pour tous les points du corps aimanté, les trois inconnues qu'elles renferment, savoir : l'intensité d'action de l'élément magnétique sur un point donné, et les deux angles qui fixent la direction correspondante de la ligne d'aimantation. Aux extrémités de chaque élément, ces composantes totales ne seront pas nulles : elles produiront en ces points des pressions qui s'exerceront de dedans en dehors de l'élément, et qui devront être détruites par l'obstacle quelconque dont la nature nous est inconnue, mais qui s'oppose au passage du fluide magnétique d'un élément dans un autre. Cet obstacle, quel qu'il soit, existant aussi dans les élémens magnétiques qui répondent aux surfaces des corps aimantés, il en résulte qu'il ne se manifeste extérieurement aucune pression qu'on ait besoin de détruire par la pression de l'air; ce qui constitue une des différences caractéristiques entre les corps aimantés par influence, et les corps conducteurs de l'électricité.

Si la force coercitive n'était pas nulle dans le corps aimanté que l'on considère, il suffirait alors, pour l'équilibre magnétique, que la résultante de toutes les forces extérieures et intérieures qui agissent sur un point quelconque de ce corps, ne surpassât nulle part la grandeur donnée de la force coercitive, dont l'effet serait analogue à celui du frottement dans les machines. Il en résulte que, dans ce cas, l'équilibre pourra avoir

lieu d'une infinité de manières différentes; mais parmi tous ces états d'équilibre possibles, il existe un état remarquable dans lequel les physiciens disent que les corps sont *aimantés à saturation*, et dont nous pourrons nous occuper dans un autre Mémoire. Nous nous sommes bornés, dans celui-ci, à considérer l'état unique et déterminé des corps aimantés par influence, dans lesquels la force coercitive est supposée nulle.

Les équations de l'équilibre magnétique, formées comme on vient de l'expliquer, sont d'abord assez compliquées; mais en leur faisant subir certaines transformations, les intégrales triples qu'elles contiennent sont changées en des intégrales doubles, et ces équations deviennent beaucoup plus simples. On en déduit alors cette conséquence générale, qu'encore bien que les deux fluides boréal et austral soient distribués dans toute la masse d'un corps aimanté par influence, les attractions et répulsions qu'il exerce au dehors sont les mêmes que s'il était seulement recouvert d'une couche très-mince formée des deux fluides en quantités égales, et telle que l'action totale sur les points intérieurs soit égale à zéro. Si le corps renferme un espace vide dans son intérieur, et qu'on ait placé en général des centres de forces magnétiques dans cet espace et en dehors du corps, il faudra le considérer comme terminé par deux couches minces, correspondantes à ses deux surfaces extérieure et intérieure, et c'est l'action de ces deux couches sur un point quelconque de la masse du corps, jointe à celle de tous les centres magnétiques donnés, qui devra produire une résultante nulle : dans ce cas, les deux fluides peuvent

être en quantités différentes dans chacune des deux couches minces, pourvu qu'ils soient toujours en quantités égales sur les deux surfaces réunies. De cette manière, la théorie des attractions et répulsions magnétiques se trouve ramenée au même principe et dépendre des mêmes formules que la théorie des actions électriques des corps conducteurs, dont elle n'est plus qu'un cas particulier. Mais dans cette dernière, la proposition générale que nous venons d'énoncer est le principe d'où l'on part *à priori*, tandis qu'au contraire, dans la théorie du magnétisme, cette proposition est une conséquence que l'on déduit des équations de l'équilibre obtenues par d'autres considérations.

On peut encore remarquer, d'après cette proposition générale, que si l'on avait un amas de parcelles métalliques, ou formées de toute autre matière conductrice de l'électricité, dont les dimensions fussent très-petites et pussent être négligées par rapport aux dimensions de la masse entière; qui fussent enduites d'une substance qui empêchât l'électricité de passer d'une parcelle à une autre, sans augmenter sensiblement leurs volumes; et que l'on approchât de cette masse, des corps électrisés : cet amas de parcelles s'électriserait par leur influence; et dans cet état, les attractions et répulsions qu'il exercerait au dehors seraient les mêmes que celles d'un corps conducteur de même forme, soumis aux mêmes forces extérieures, quoique, dans un cas, les deux fluides électriques dussent se porter à la surface, et que dans l'autre, ils fussent obligés de demeurer dans l'intérieur. Cet autre cas est très-propre à donner, par une comparaison sensible, l'idée la plus nette que l'on

puisse prendre de la disposition des deux fluides magnétiques, dans les corps aimantés.

En appliquant les formules générales de mon mémoire au cas d'une sphère creuse dont la partie pleine est partout d'une épaisseur constante, j'ai été conduit à un théorême remarquable, qui convient à la fois au magnétisme et à l'électricité. Supposons cette sphère formée d'une matière conductrice de l'électricité. Si l'on place des corps électrisés, distribués comme on voudra, soit dans l'espace intérieur, soit en dehors de la sphère creuse, celle-ci s'électrisera par influence, et voici ce que l'on remarquera :

1°. Lorsque tous ces corps seront en dehors de la sphère creuse, leur action, jointe à celle de cette sphère, donnera une résultante égale à zéro pour tous les points de l'espace vide intérieur, aussi-bien que pour la partie pleine de la sphère;

2°. Quand, au contraire, tous les corps électrisés seront placés dans l'espace vide intérieur, la résultante de leur action, jointe à celle de la sphère sur un point du dehors, sera une force constante tout autour de ce corps, à égale distance de son centre, et la même que si la totalité des deux fluides électriques était réunie en ce point. L'épaisseur de la couche électrique sera la même dans toute l'étendue de la surface sphérique extérieure, quoique les points de cette surface puissent être, les uns très-près, et les autres très-éloignés des corps électrisés intérieurs; et si l'électricité passe par étincelle de l'un de ces corps à un autre, ou dans la couche sphérique, les attractions ou répulsions extérieures ne seront pas changées.

Relativement au magnétisme, il suit de ce théorême qu'une aiguille aimantée, placée dans l'intérieur d'une sphère creuse de fer doux, et assez petite pour n'exercer aucune influence sensible sur cette sphère, n'éprouvera aucun effet magnétique, et n'affectera en conséquence aucune direction particulière, en vertu de l'action de la terre, ou d'autres aimans placés en dehors de la sphère creuse. Il en résulte aussi que si des aimans sont placés dans l'intérieur d'une telle sphère, leur action sur une petite aiguille extérieure, jointe à celle de la partie pleine de la sphère, aimantée par leur influence, produira toujours une résultante égale à zéro; car, d'après la seconde partie du théorême, l'action extérieure doit être la même que si les deux fluides *boréal* et *austral* étaient réunis au centre de la sphère; ce qui rendrait leur action nulle à toute distance, puisque ces fluides sont nécessairement en quantités égales. En considérant un plan comme une sphère d'un rayon infini, on en pourra conclure que l'interposition d'une plaque de fer doux, d'une épaisseur quelconque, mais d'une très-grande étendue, devra suffire pour empêcher l'action magnétique de se transmettre; en sorte qu'un fort aimant étant placé d'un côté de cette plaque, à une grande distance de ses bords, de petites parcelles de fer, répandues de l'autre côté, n'éprouveraient ni attraction ni répulsion : de cet autre côté elles n'adhéreraient point à la plaque de fer, et elles pourraient y adhérer fortement du côté de l'aimant, quoique l'épaisseur de la plaque ou la distance qui sépare ses deux surfaces fût très-peu considérable.

Le cas particulier le plus simple auquel on puisse

appliquer les formules de mon mémoire, est celui d'une sphère creuse, aimantée par l'action de la terre, c'est-à-dire, par l'action d'une force dont le centre est extrêmement éloigné, et que l'on regarde, pour cette raison, comme constante en grandeur et en direction dans toute l'étendue d'un corps aimanté de dimension ordinaire. Dans ce cas, les intégrations s'achèvent sous forme finie ; les équations de l'équilibre magnétique se résolvent complètement, et l'on en déduit tout ce qu'il importe de connaître, soit par rapport à la direction des lignes d'aimantation et à l'intensité du magnétisme dans la partie pleine de la sphère creuse, soit par rapport à l'action qu'elle exerce au dehors, sur un point quelconque donné de position. On trouvera, dans mon Mémoire, l'expression des trois composantes rectangulaires de cette action extérieure; d'où l'on a facilement conclu, en les ajoutant aux composantes de l'action terrestre, les directions que devront prendre la boussole horizontale et l'aiguille d'inclinaison, et la durée de leurs oscillations dans une position donnée ; ce qui fournira le moyen le plus direct de vérifier la théorie par l'expérience. Quoique le magnétisme ne réside pas seulement à la surface extérieure de la sphère creuse, et que son intensité soit connue en tel point qu'on voudra de la partie pleine, cependant la grandeur des composantes dont nous parlons ne dépend nullement de l'épaisseur du métal : elle dépend du rayon de la surface extérieure, et des trois variables qui déterminent la position du point sur lequel ces forces agissent. Quand la distance de ce point au centre de la sphère est très-grande relativement au rayon de la surface extérieure,

chacune de ces forces est à-peu-près en raison directe du cube du rayon, et en raison inverse du cube de la distance. Ces forces peuvent être réduites à deux, dont l'une est dirigée suivant la droite qui va du centre de la sphère au point attiré que l'on considère, et l'autre agit suivant la direction de l'action magnétique de la terre. La première devient nulle lorsque le point attiré appartient au plan mené par le centre de la sphère perpendiculairement à la direction de la seconde force; il en résulte que si une petite aiguille aimantée est placée dans ce plan, la direction qu'elle doit prendre en vertu de l'action de la terre ne sera pas changée par l'attraction de la sphère aimantée; d'où il faut néanmoins se garder de conclure que cette attraction soit nulle dans le plan dont il est question; car la seconde composante de la force ne s'évanouit pas en même temps que la première : elle se retranchera de l'action de la terre, et son effet sera de ralentir de plus en plus les oscillations de l'aiguille, à mesure que celle-ci se rapprochera de la surface de la sphère. A cette surface même, et dans un plan quelconque, cette composante est égale et contraire à l'action de la terre; par conséquent une petite aiguille aimantée n'y sera plus soumise qu'à l'action de la composante dirigée au centre de la sphère, en sorte qu'elle devra se diriger suivant le prolongement du rayon, en vertu de cette force. Enfin, dans le plan du grand cercle perpendiculaire à la direction du magnétisme terrestre, et très-près de la surface de la sphère, cette petite aiguille aimantée n'éprouvera plus aucune action magnétique, et ne prendra plus aucune direction déterminée; ce qui ne pourrait toute-

fois se vérifier qu'autant que la réaction de l'aiguille sur la sphère serait très-faible, et qu'on en pourrait faire abstraction.

M. Barlow, professeur à Woolwich, a fait, dans ces derniers temps, un très-grand nombre d'expériences sur les déviations de la boussole et de l'aiguille d'inclinaison produites par l'influence d'une sphère de fer aimantée par l'action de la terre. Ses observations sont consignées dans un ouvrage qu'il a publié sur ce sujet (1). Elles lui ont fait voir que les déviations de l'aiguille aimantée sont les mêmes lorsque la sphère qui les produit est entièrement pleine, ou quand elle contient un espace vide dans son intérieur; aux distances où elles ont été faites, il a reconnu que la tangente de l'angle de déviation horizontale est proportionnelle au cube du rapport du rayon de la sphère à la distance de son centre au milieu de l'aiguille (2); résultats qui sont déjà une confirmation de la théorie. Mais pour comparer d'une manière plus précise le calcul et l'observation, j'ai calculé, d'après les formules

(1) *An Essay on Magnetic attractions*; second edition, *London*, 1823.

(2) Cet estimable physicien a aussi reconnu que les déviations sont nulles quand le milieu de l'aiguille est placé dans un plan passant par le centre de la sphère, et perpendiculaire à la direction du magnétisme terrestre; mais c'est improprement qu'il l'a nommé *plan d'attraction nulle* : il n'y a aucun plan pour lequel l'attraction d'une sphère, ou, en général, de tout autre corps aimanté par l'action de la terre, soit égale à zéro.

de mon Mémoire, une partie des déviations que M. Barlow a observées. La concordance générale des nombres que j'ai trouvés avec ceux qu'il a donnés, ne laissera, j'espère, aucun doute sur la théorie du magnétisme, ni sur l'exactitude de l'analyse qui en est le développement. Sans entrer ici dans le détail de cette comparaison, je me contenterai d'en indiquer quelques points.

Le diamètre de la sphère de fer aimantée par l'action de la terre étant de 13 pouces anglais, la boussole dont on a observé les déviations ayant six pouces en longueur, son milieu étant placé à 12 pouces du centre de la sphère, M. Barlow a trouvé, dans une certaine position de l'instrument par rapport à la sphère, une déviation horizontale de 36° 15′. Dans la même position de la boussole, et en ayant égard à sa longueur, qui ne peut pas être négligée par rapport à sa distance au centre de la sphère, le calcul m'a donné 35° 33′ pour cette même déviation. La différence 42′ doit être attribuée en partie à la réaction de la boussole sur la sphère aimantée, dont je n'ai pas pu tenir compte dans le calcul, faute de connaître la puissance magnétique de ses pôles.

La droite qui joint le milieu de l'aiguille et le centre de la sphère, n'ayant pas changé de direction, et l'un de ces points étant à 20 pouces de l'autre, la déviation horizontale s'est réduite à 8° 52′ d'après l'observation; cette déviation calculée serait de 8° 42′, qui ne diffère que de 10′ de la déviation observée.

A la même distance de 20 pouces, et dans une position de l'aiguille voisine du plan où la déviation horizontale est entièrement nulle, cette déviation a été de 1° suivant l'observation, et suivant le calcul elle aurait dû

être de 59′ ; ce qui s'accorde mieux qu'on ne pouvait l'espérer.

Si l'on conçoit par le centre de la sphère aimantée deux plans perpendiculaires au méridien magnétique, l'un horizontal et l'autre parallèle à la direction du magnétisme terrestre, les déviations horizontales de la boussole dans ces deux plans auront entr'elles, d'après la théorie, un rapport très-simple : lorsque la droite, qui va du milieu de l'aiguille au centre de la sphère, fera, dans l'un et l'autre plan, le même angle avec leur intersection commune, la tangente de la déviation dans le plan horizontal sera à la tangente de la déviation dans l'autre plan, comme le cosinus de l'inclinaison magnétique dans le lieu de l'observation est à l'unité. Les observations de M. Barlow vérifient ce théorême d'une manière satisfaisante : par exemple, le milieu de l'aiguille étant à 18 pouces du centre de la sphère, l'expérience a donné, dans le second plan, à 45° de la ligne est-ouest, une déviation horizontale de 12° 6′ : l'inclinaison magnétique était de 70° 30′; d'où l'on conclurait, d'après le théorème, 4° 6′ pour la déviation correspondante dans le plan horizontal, laquelle a été, suivant l'observation, de 4° seulement : la différence 6′ peut être attribuée aux erreurs des observations.

J'ai aussi calculé plusieurs des inclinaisons magnétiques observées par le même physicien, sous l'influence de la sphère de 13 pouces de diamètre, aimantée par l'action de la terre. Les différences entre le calcul et l'expérience ne sortent pas des limites des erreurs que comporte ce genre d'observations. Ainsi, par exemple, l'aiguille d'inclinaison étant placée dans le

plan du méridien magnétique, passant par le centre de la sphère ; la distance de son milieu à ce centre étant de 20 pouces, et la droite qui joint ces deux points faisant un angle de 45° avec la direction du magnétisme terrestre ; enfin l'inclinaison magnétique non-influencée étant, à l'instant de l'observation, de 70° 40', l'influence de la sphère l'a réduite à 67° 40' : suivant le calcul, elle aurait dû être, dans les mêmes circonstances, de 67° 46', qui ne diffère que de 6' du résultat de l'expérience.

J'ai fait ces différens calculs numériques en supposant 1°. que l'action de la terre soit la même sur le fluide magnétique de la sphère aimantée par son influence, et sur le fluide appartenant à la boussole employée dans les expériences ; 2°. que l'action du fluide de la sphère sur lui-même est aussi égale à l'action qu'il exerce sur celui de la boussole. Il était naturel d'essayer d'abord ces suppositions ; les différences entre le calcul et l'observation ne sont pas assez grandes pour qu'on soit obligé de les abandonner ; et, d'ailleurs, s'il existait entre ces diverses actions magnétiques quelque différence d'intensité, tenant à la différence des matières dont sont formées la sphère et la boussole, les observations que nous avons calculées ne seraient sans doute pas assez précises pour constater ce point délicat.

Nous terminerons cet extrait par une remarque qui ne sera pas sans utilité dans la pratique. La déviation horizontale de la boussole, produite par l'influence de la sphère aimantée, et le rapport du nombre d'oscillations qu'elle fait sous cette influence au nombre d'os-

cillations qu'elle faisait en vertu de la seule action de la terre, renferment, dans leurs expressions analytiques, l'inclinaison magnétique dans le lieu et à l'instant de l'observation; en égalant donc cette déviation et ce rapport à leurs valeurs données par l'observation pour une position connue de l'aiguille aimantée, on formera deux équations dont chacune pourra servir à calculer l'inclinaison magnétique. Si l'on fait usage du rapport des oscillations, on aura l'avantage de pouvoir l'observer avec exactitude, pour une très-petite aiguille dont la réaction sur la sphère aimantée soit insensible. L'équation que l'on aura à résoudre pour en conclure l'inclinaison magnétique, contiendra le diamètre de la sphère aimantée et la distance de son centre au milieu de l'aiguille, quantités que l'on pourra mesurer avec précision. Elle renfermera aussi les deux angles qui fixent la direction de la droite menée du milieu de l'aiguille au centre de la sphère; mais en ayant soin de placer l'aiguille près de la position connue d'avance où l'action de la sphère atteint son *maximum*, une petite erreur sur la direction de cette droite aura peu d'influence sur la valeur de l'inclinaison, qui pourra être déterminée par le moyen que nous indiquons, avec plus de précision et de facilité que par l'observation directe.

Dans un second Mémoire, nous déterminerons, d'après les formules générales établies dans celui-ci, la distribution du magnétisme dans les aiguilles d'acier aimantées à saturation, et dans les aiguilles de fer aimantées par influence, d'où nous déduirons ensuite les lois de leurs attractions ou répulsions mutuelles.

SUITE

Du Mémoire sur les Vibrations des corps solides, considérées en général.

PAR Mr FELIX SAVART.

§ III. LORSQU'UNE corde qui vibre normalement communique son mouvement à un corps mince, avec les surfaces duquel elle forme des angles variables entre 0° et 90°, la direction des vibrations communiquées est constamment oblique aux surfaces de la lame mince, et elle paraît toujours rester parallèle à la force qui représente l'action de la corde.

Dans l'expérience de la fig. 23 nous avons vu que selon que le plan des oscillations de la corde c, e faisait avec la lame mince des angles plus ou moins ouverts, le système des lignes nodales se modifiait continuellement; que quand le plan des oscillations était parallèle à LL' on n'obtenait, par exemple, qu'une seule ligne nodale sur une des faces de la verge, fig. 24, et qu'à mesure que la ligne FF' (que nous supposons représenter la direction de la force exercée par la corde) approchait plus d'être perpendiculaire à la lame mince, la ligne nodale se contournait comme dans la fig. 25, se divisait ensuite en trois lignes nodales inclinées sur les arêtes de la lame fig. 26, et qu'enfin ces lignes devenaient tout-à-fait rectangulaires aux arêtes mêmes de la lame et se correspondaient sur ses deux faces, quand FF' était perpendiculaire aux faces de LL', fig. 27:

or, s'il est vrai que l'action exercée par une corde qui vibre normalement doive être considérée comme une force perpendiculaire à son axe et comprise dans le plan de ses oscillations, l'on devra pouvoir reproduire tous les phénomènes que l'on obtient avec l'appareil de la fig. 23, si l'on unit à une lame mince une corde vibrant normalement, et disposée de manière à former avec les faces de cette lame des angles qui varieront successivement depuis 0° jusqu'à 90°.

L'appareil le plus simple que j'aie pu trouver pour examiner ce cas de la communication des mouvemens vibratoires des cordes consiste en un quart de cercle *DD'*, fig. 40, divisé en degrés, sur lequel glisse un curseur *C* auquel est attachée une corde *ce*, qu'on tend à volonté par le moyen d'une cheville : ce curseur peut, au moyen d'une vis de pression, être fixé dans toutes les positions qu'on desire, de manière que la corde, dont l'extrémité inférieure traverse la verge *LL'*, peut former avec sa face supérieure tous les angles possibles, soit obtus, soit aigus, selon que l'on considère l'angle compris entre *c* et *L* ou l'angle compris entre *c* et *L'*. La verge doit avoir une direction telle que ses arêtes soient normales aux faces du quart de cercle, et elle doit être retenue dans une position déterminée et invariable ; après plusieurs essais, j'ai trouvé que le meilleur moyen était de la fixer à un obstacle immobile *R*, dans lequel elle se trouve encastrée d'environ un centimètre. Son union avec la corde est très-simple ; il suffit de faire un nœud à l'extrémité inférieure de celle-ci et de la faire passer à frottement dans un petit trou placé à environ un centimètre de l'extrémité fixée de la verge. Je suppose

maintenant qu'on imprime à la corde un mouvement normal, en l'ébranlant avec un archet dirigé dans un plan parallèle aux faces du quart de cercle; si la direction de la corde est perpendiculaire aux faces de LL' (comme on le voit en *A*, fig. 41, qui représente seulement le bout de la verge), la force FF' sera parallèle à LL', et perpendiculaire à ses arêtes : ce cas devra donc donner un résultat semblable ou au moins analogue à celui des fig. 23 et 24; ou si la direction de la corde forme avec les faces de la verge un angle plus petit que 90°, comme en *B*, fig. 40, la direction de FF' restant toujours perpendiculaire à *ce*, elle deviendra oblique à LL', qui devra être le siége d'un mouvement analogue à celui de la fig. 25. Enfin, si l'on incline encore plus la corde sur les faces de la verge, comme en *C* et en *D*, où FF' est devenue perpendiculaire à LL', on devra obtenir des résultats semblables à ceux des fig. 26 et 27. En effet, les lignes nodales qu'on obtient et la direction des mouvemens imprimés aux grains de sable sont en tout les mêmes : l'on peut obtenir d'abord, lorsque la corde est normale aux faces de la verge, une seule ligne nodale qui occupe le milieu de la face supérieure et qui règne dans toute son étendue, tandis que sur la face inférieure on n'en obtient pas, le mouvement étant alors tangentiel et sa direction étant parallèle à la direction de FF'; ensuite, si l'on incline la corde, la ligne nodale se modifie, elle se contourne, il en paraît une seconde sur la face inférieure, et ces lignes se transforment successivement, en approchant d'autant plus d'être rectilignes et perpendiculaires aux arêtes de la verge, et de se correspondre parfaitement sur ses deux faces, que la direction

le FF' approche plus d'être perpendiculaire à ces mêmes faces, comme en *D*, fig. 41.

Je suppose maintenant que les arêtes de la verge LL', en place d'être perpendiculaires aux faces du quart de cercle, lui soient parallèles, comme on le voit dans l'appareil représenté fig. 42, qui est d'ailleurs le même que celui de la fig. 40, l'action exercée par la corde étant toujours considérée comme une force perpendiculaire à son axe, et l'archet étant promené parallèlement aux faces du quart de cercle, l'on pourra, en inclinant successivement la corde, faire en sorte que cette force, dont nous représentons toujours la direction par une droite, prenne successivement les positions indiquées dans la fig. 30 : ainsi, ce cas devra pour les résultats être entièrement analogue à celui de la fig. 28, et c'est ce qui a effectivement lieu. Si l'on commence par ébranler la corde lorsqu'elle est normale à la verge, celle-ci produit des vibrations tangentielles dont la direction est parallèle à ses arêtes, et elle présente alors un certain nombre de lignes nodales perpendiculaires à ses côtés. Supposons que ces lignes soient disposées comme dans la fig. 29, n° 1; lorsqu'on fait changer le curseur de position, elles se modifient graduellement; et enfin, lorsque l'axe de la corde devient parallèle aux faces de la verge, celle-ci est le siége de vibrations normales, et les lignes nodales se correspondent sur ses deux faces, comme dans la fig. 29, n°. 2.

Il est clair que, pour qu'on puisse n'avoir aucun doute sur les résultats de cette expérience et sur le passage graduel des vibrations normales aux vibrations tangentielles longitudinales, il faut avoir l'assurance que, pendant

toute la durée de l'expérience, le nombre des vibrations exécutées par la corde restera constamment le même; c'est ce qu'il est très-difficile d'obtenir rigoureusement : toutefois on y arrive ou au moins on en approche suffisamment en rapportant toujours le son de la corde à un son fixe qu'on tire d'un instrument. Par ce moyen, on peut constater, d'abord, que les vibrations de la verge ont la même direction que celles des oscillations de la corde; ensuite que, lors du passage du mouvement normal au mouvement entièrement longitudinal, il y a toujours des lignes de repos qui sont communes aux deux modes de mouvement. Par exemple, dans l'une des expériences que j'ai faites, lorsque les vibrations étaient normales, la verge présentait sur ses deux faces trois lignes nodales qui se correspondaient comme N, n, $N'n'$; $N''n''$, fig. 29, n°. 2. Quand les vibrations devinrent longitudinales, les lignes nodales cessèrent de se correspondre sur les deux faces, N' sur la face supérieure et nn'' sur la face inférieure disparurent, de sorte qu'il ne resta plus que $NN''n'$, n°. 1 : ainsi, lorsque le nombre des vibrations est le même, les deux modes de mouvement paraissent avoir des lignes nodales qui leur sont communes; ce que nous avions déjà observé avec l'appareil de la fig. 28.

Ces expériences présentent donc les mêmes résultats que celles des paragraphes précédens; de même elles font voir que la direction des vibrations imprimées aux molécules de la lame mince est toujours parallèle à la droite qui représente l'action de la corde. D'après cela, on peut prévoir d'avance ce qui arriverait, par exemple, avec l'appareil de la fig. 42, si, en place de promener

l'archet sur la corde parallèlement aux faces du quart de cercle, on le promenait perpendiculairement à ces mêmes faces, et néanmoins toujours dans une direction normale à l'axe de la corde. Soit LL', fig. 43, la lame dont les arêtes sont parallèles aux faces du quart de cercle, ce la corde, FF' perpendiculaire à ce, la direction de la force qui représente l'action exercée par la corde : dans toutes les positions successives par lesquelles ce pourra passer quand on fera mouvoir le curseur auquel elle est fixée, FF' restera parallèle aux faces de LL' et perpendiculaire à ses arêtes ; en conséquence LL' devra toujours produire des vibrations tangentielles dont la direction sera perpendiculaire à ses arêtes : l'on pourra supposer que les molécules de cette lame mince se meuvent suivant les droites $Fv, F'v'$, parallèles entr'elles et à FF' : c'est en effet ce qui arrive. Par exemple, dans une des expériences que j'ai faites, la lame mince présentait sur une de ses faces une ligne nodale longitudinale, fig. 44, lorsque la corde était perpendiculaire à la verge, et les mouvemens du sable se faisaient dans la direction indiquée par les flèches que représente la figure : cette ligne nodale est demeurée constamment la même, et les mouvemens du sable n'ont pas changé, quel qu'ait été l'angle formé entre la corde et la verge; et cela devait être, puisque la direction de l'ébranlement imprimé aux molécules de la lame les plus voisines de la corde est restée la même dans les différentes circonstances de l'expérience.

Il est de même facile de prévoir, d'après la constance des résultats donnés par toutes les expériences qui précèdent, ce qui devrait arriver si, au lieu d'imprimer

à la corde des appareils représentés fig. 40 et 42 un mouvement perpendiculaire à son axe, on lui en imprimait un dont la direction fût tangentielle à ce même axe : les phénomènes produits devraient en tout être l'inverse de ceux qu'on observe quand le mouvement imprimé à la corde est normal à sa direction : c'est aussi ce qui a lieu. Par exemple, reprenons l'appareil de la fig. 40, et imprimons à la corde un mouvement longitudinal lorsqu'elle est perpendiculaire aux faces de LL' : dans ce cas, les vibrations communiquées seront normales. Supposons que les lignes nodales obtenues soient au nombre de quatre, comme dans le n° 1 de la fig. 45, qui représente seulement la tranche de la verge : les nœuds se correspondront sur les deux faces de la lame ; mais, à mesure qu'on fera marcher le curseur C du point où il est placé, et qui est indiqué par le degré 90 de la division, vers 0°, les nœuds N', N''', n, n'' s'affaibliront de plus en plus, et ils finiront par disparaître entièrement lorsque la corde sera comprise dans le plan qui passe par la face supérieure de la verge : alors le mouvement sera complètement tangentiel transversal, et les lignes nodales seront disposées comme dans le n° 2 de la fig. 45. La disparition progressive d'un certain nombre de nœuds n'est pas le seul indice qui puisse conduire à constater que la direction des mouvemens imprimés à la lame mince varie continuellement, et que cette direction reste toujours la même que celle des oscillations de la corde : la nature des mouvemens du sable conduit encore au même résultat : quand la corde est perpendiculaire à la verge, le sable saute perpendiculairement à la surface sur laquelle on l'a répandu ; mais quand la

corde commence à s'incliner, on observe qu'il est lancé à une moindre hauteur, qu'il acquiert déjà un petit mouvement dans le sens LL' ou $L'L$, fig. 40, et que sa tendance à se mouvoir dans ce sens et à glisser tangentiellement à la surface de la lame devient de plus en plus forte, en même temps que la corde approche plus d'être comprise dans le plan qui passe par la face supérieure de la lame. Enfin, si l'on considère la marche d'une seule parcelle de sable dans les différentes positions par lesquelles on fait passer la corde, on observe que, lors de l'union rectangulaire des deux corps, ce grain de sable, après avoir été lancé, retombe presque à la même place qu'il occupait d'abord; mais que, quand l'inclinaison devient de plus en plus forte, il fait, dans le sens LL' ou $L'L$, des pas qui deviennent de plus en plus grands. Toutes ces circonstances réunies font bien voir que le mouvement des molécules de la verge conserve toujours une direction qui est en rapport avec la direction du mouvement imprimé à la corde.

Reprenons maintenant l'appareil de la fig. 42. Si la corde est normale à la verge, celle-ci produira des vibrations normales, le sable sautera perpendiculairement à la surface sur laquelle on l'aura versé. Supposons que le nombre des lignes nodales soit comme dans le n° 2 de la fig. 29; à mesure que l'on inclinera la corde, les nœuds n, N', n'' s'effaceront de plus en plus; ils disparaîtront tout-à-fait quand l'angle compris entre la corde et la verge sera parvenu à 0°, et alors le mouvement sera tangentiel dans le sens de la longueur de la verge.

Pour que les expériences contenues dans ce para-

graphe réussissent bien, il faut observer plusieurs précautions. Lorsqu'il s'agit d'imprimer à la corde un mouvement longitudinal, il est nécessaire que l'arc de cercle ait environ $1^m,00$ de rayon, afin que la corde, ayant cette même longueur, on puisse facilement l'ébranler en la frottant avec un morceau de drap enduit de colophane pulvérisée. Au contraire, pour les vibrations normales, il faut que la corde soit beaucoup plus courte, par conséquent que l'appareil soit en général plus petit, par exemple, qu'il n'ait pas plus de trois ou quatre décimètres de rayon; sans cela la corde pourrait devenir le siége de plusieurs sortes de mouvemens en même temps : elle pourrait, je suppose, être le siége de vibrations normales à son axe, et de plus être animée d'un mouvement de transport autour de ce même axe; ce qui compliquerait le résultat; car il pourrait arriver que les deux mouvemens se communiquassent en même temps à la lame mince. Pour éviter cette complication, lorsqu'on imprime à la corde un mouvement normal, il faut la tendre autant qu'on le peut faire sans qu'elle se rompe, et ne l'ébranler que faiblement, en promenant l'archet avec légéreté et toujours dans la même direction. Il faut encore avoir égard à la nature du corps sur lequel on appuie le quart de cercle tandis qu'on fait les expériences; car s'il repose sur des corps solides susceptibles d'entrer en vibration, le son de la corde s'altère sensiblement pour des oreilles exercées, et la position des lignes nodales, ainsi que leur nombre, peuvent en être influencés : ainsi, il faut toujours avoir la précaution d'appuyer le quart de cercle sur des corps mous. Enfin, il faut éviter, quand la

corde est le siége de vibrations normales et qu'elle est dirigée perpendiculairement aux faces de la verge, qu'elle ne rende un des sons que celle-ci pourrait produire elle-même si elle exécutait aussi des vibrations normales; car, en place de vibrer tangentiellement, la lame pourrait prendre le mode de mouvement normal qui se trouverait à l'unisson avec la corde; ce qui pourrait dépendre de la communication du mouvement par le moyen de l'air qui environne l'appareil.

§ IV. Après avoir ainsi examiné les circonstances de la communication du mouvement vibratoire entre deux corps qui sont unis intimement, il faut rechercher si le mouvement d'un seul corps, ébranlé directement, se communique, suivant les mêmes lois, à plusieurs autres corps maintenus dans un contact immédiat; mais, comme nous l'avons déjà dit, il est indispensable d'avoir préalablement égard à la manière dont ces corps sont unis. Dans le cas où l'union est assez intime pour que les différentes parties du système puissent être considérées comme un seul et même corps, l'expérience fait voir que les molécules de toutes les parties de ce système se meuvent suivant des droites parallèles à la droite qui représente la direction des oscillations du corps primitivement ébranlé. Et cela est vrai, soit que les parties du système soient réunies par une forte pression, ou soit que cette union se fasse par des substances glutinatives susceptibles de se durcir : c'est ce qu'on peut prouver facilement au moyen de l'appareil représenté fig. 46 : il est composé 1°. d'une règle épaisse de bois $B\,B'$, qui supporte deux petits tasseaux $S\,S$ sur lesquels passe une corde fixée en c par l'une de ses extrémités, et susceptible d'être tendue

en B' par le moyen d'une cheville ; 2°. d'un disque $L L'$, réuni avec de la colle par sa face inférieure à un petit support de liége qui le sépare de la base $B B'$; 3°. enfin d'une espèce de petit chevalet a sur lequel passe la corde, et qui est aussi collé à $L L'$, dans une direction telle que ses deux pieds reposent sur la diamétrale de cette lame, qui se trouve perpendiculaire à la corde. Si le mouvement imprimé à la corde et communiqué à a se transmet de a à $L L'$ de la même manière qu'il se transmet de $c e$ à a, il devra en résulter que quand le plan des oscillations de $c e$ sera parallèle à la lame mince, elle devra être le siége de vibrations tangentielles. On ne voit pas en effet, d'après toutes les expériences que nous avons faites jusqu'à présent, que la transmission du mouvement puisse s'opérer d'une autre manière; car ces expériences ont fait voir que quand la corde était directement en contact avec un corps, les molécules des deux corps se mouvaient toujours dans des droites parallèles : en conséquence considérons la corde et le chevalet comme un seul corps, et il ne nous restera plus qu'à examiner la communication du mouvement de ce corps à la lame avec laquelle il est en contact. Cette communication devant alors se faire conformément aux résultats que nous avons trouvés jusqu'à présent, il s'ensuivra que les particules de tout le système devront se mouvoir dans le même sens ou dans des droites parallèles entre elles, et que par conséquent $L L'$ devra vibrer comme si elle était directement en contact avec la corde. L'expérience confirme parfaitement ce raisonnement : par exemple, si l'on commence par promener un archet sur la corde dans la di-

rection FF' parallèle à LL', on observe que cette lame devient le siége de vibrations tangentielles et que les grains de sable se meuvent suivant des droites $V\nu$, $V'\nu'$, qui sont parallèles à FF'; il se produit sur la face supérieure de la lame mince une figure déterminée qui est différente de la figure produite sur la face inférieure, comme on peut le vérifier en renversant l'appareil et en répandant du sable sur la face inférieure du disque. Ensuite si l'on incline l'archet, les figures obtenues sur chacune des faces se modifient; elles changent selon que l'ouverture de l'angle qui existe entre le plan des oscillations de la corde et la lame est plus ou moins considérable; et enfin, quand ce plan des oscillations de la corde est perpendiculaire aux faces de la lame, celle-ci vibre normalement et les lignes nodales se correspondent sur ses deux faces. Lorsque le mouvement est complètement tangentiel, on obtient sur l'une des faces de la lame mince des figures qui, lorsque cette lame est circulaire, ont une grande analogie avec les figures qu'on observe lorsque le mouvement est normal : j'en indique quelques-unes fig. 47, 48, 49, 50 et 51. Les n°s 1 et 2 représentent les deux faces, et pour qu'on voie bien la position des lignes nodales qui existent simultanément et contrairement sur les deux faces, je supposerai, dans le dessin, qu'on ait dédoublé le disque, et qu'on en ait ouvert les deux moitiés comme s'il existait une charnière en A.

La transformation successive des lignes nodales, dans cette expérience, ainsi que dans toutes celles du même genre, n'est pas le seul caractère auquel on puisse reconnaître les changemens de direction des vibrations;

la nature des mouvemens du sable, comme nous l'avons déjà remarqué, offre encore un moyen de constater ces changemens : car, de même que quand une verge en vibrations est plongée dans un liquide, les agitations qu'elle y occasione diminuent graduellement devant ses faces, à mesure que le mouvement approche plus d'être tangentiel, de même aussi les grains de sable, d'abord lancés très-loin de la surface sur laquelle ils reposent lors du mouvement normal, sont ensuite lancés d'autant moins loin que le mouvement approche plus d'être complètement tangentiel. Ce moyen de reconnaître la direction du mouvement mérite d'autant plus d'attention qu'il arrive souvent que les corps qu'on examine ne présentent aucune ligne nodale, et que par conséquent on n'aurait aucun procédé pour constater la nature du mouvement qui s'y produit.

Au lieu de faire l'expérience précédente avec un disque, l'on peut la faire avec une verge disposée comme *LL'*, fig. 52, dont les arêtes soient perpendiculaires à *c e* : ce nouvel appareil offrira un moyen de constater non-seulement que, pour chaque inclinaison différente du plan des oscillations de la corde, la direction des vibrations de la lame subit des modifications; mais de plus il fournira un moyen facile à l'aide duquel on pourra s'assurer que la direction des vibrations moléculaires demeure toujours perpendiculaire à la corde, en même temps qu'elle tourne autour de son axe à mesure que le plan de ses oscillations change de position. Je suppose que la fig. 53 soit le plan de l'appareil, et que *L L'*, en place d'être comme tout-à-l'heure perpendiculaire à l'axe de la corde, soit inclinée sur cet

axe, et qu'on promène l'archet d'abord parallèlement aux plans qui passent par les faces de la verge ; l'on pourra observer que les grains de sable seront toujours mus suivant des droites $F v F' v'$ parallèles à $F F'$, et cela quel que soit l'angle formé entre les arêtes de $L L'$ et l'axe de la corde, fig. 53, 54 et 55. Pour chacune de ces positions successives de la verge on pourra faire tourner l'archet autour de la corde, et constater que, pour chacune d'elles, les molécules de la verge se meuvent dans des droites parallèles à $F F'$.

Avec ces appareils il est facile d'observer la différence d'intensité de son, lorsque le renforcement du son de la corde a lieu par des vibrations plus ou moins obliques de la plaque. Pour peu que $L L'$ ait sept ou huit centimètres de diamètre, les oreilles les moins exercées reconnaissent facilement que le son est beaucoup moins intense quand $L L'$ oscille tangentiellement, et qu'il devient de plus en plus intense à mesure que l'inclinaison des oscillations augmente ; enfin qu'il acquiert son plus grand degré de force et d'éclat quand elles sont complètement normales.

Il reste maintenant à examiner, par une expérience directe, si le chevalet qui supporte la corde et qui est en contact avec la lame mince est effectivement le siége de mouvemens dont la direction varie avec celle du plan des oscillations de la corde: rien n'est plus facile ; il suffit pour atteindre ce but de substituer à ce chevalet un disque auquel on aura pratiqué, dans un des points de son contour, comme deux petits pieds analogues à ceux des chevalets ordinaires, et qu'on pourra mettre en contact et coller avec $L L'$, fig. 56. L'appareil étant

tenu dans une direction verticale afin d'avoir le disque *a* horizontal pour être à même de le recouvrir de sable, si alors on promène un archet dans la direction FF' perpendiculaire à LL' et parallèle à *a*, les oscillations de toutes les parties du système se feront dans des plans parallèles à celui dans lequel se feront les oscillations de la corde; par conséquent LL' exécutera des vibrations normales à ses faces ; et *a* produira des vibrations tangentielles dont la direction pourra être représentée par $V\nu$. La fig. 57 représente la direction du mouvement dans les diverses pièces de l'appareil, supposé coupé à la hauteur de *a* et perpendiculairement à l'axe de la corde; mais si l'on incline l'archet de manière à changer la direction du plan dans lequel se font les oscillations de la corde, par exemple, comme FF', fig. 58, les mouvemens du sable indiquent aussitôt qu'il s'est fait un changement dans la direction des vibrations, et qu'elles se sont toutes dirigées dans des plans $V_1\ \nu_1\ V_2\ \nu_2$, et parallèles à FF' : on observe la même chose si l'on incline davantage l'archet; et enfin quand les oscillations de la corde ont lieu dans un plan FF', fig. 50, parallèle à LL', les deux disques exécutent des vibrations tangentielles. L'on voit donc dans cette expérience que *a* est toujours le siége d'un mouvement tangentiel ; mais que la direction de ce mouvement varie comme la direction du plan des oscillations de la corde : c'est la même chose que dans l'expérience dont l'appareil est représenté fig. 7 : de plus on voit que LL' produit des vibrations dont la direction varie depuis la direction normale aux faces jusqu'à la direction tangentielle, et que ses oscillations ne sont

pas tantôt normales, tantôt tangentielles, mais qu'elles passent par toutes les nuances d'obliquité, depuis la direction perpendiculaire jusqu'au parallélisme.

Puisque toutes les parties du système que nous venons d'examiner oscillent dans des directions qui sont parallèles entre elles, il suit de là que si l'on met ce système en contact immédiat avec d'autres corps, leur présence ne devra rien changer aux phénomènes produits ; ils devront être les mêmes que si la corde était directement en contact avec les corps surajoutés : c'est aussi ce qui arrive, comme on peut le voir en réunissant, au moyen d'une tige qui leur est perpendiculaire, deux disques placés parallèlement entre eux et surmontés d'un petit chevalet sur lequel repose une corde, comme le montre la fig. 60. Si l'on promène sur la corde un archet dans la direction FF', fig. 60 et 61, normale aux surfaces des disques, toutes les parties du système oscilleront dans des plans Fv... parallèles au plan dans lequel se font les oscillations de la corde. Si la direction FF' vient à changer, comme dans la fig. 62, tout le système change aussitôt la direction de ses mouvemens; et enfin quand le plan des oscillations de la corde devient parallèle aux surfaces des disques, fig. 63, ils produisent des vibrations complètement tangentielles, tandis que TT' en produit de normales à ses faces.

Pour que cette expérience réussisse bien il faut que l'ébranlement produit par l'archet ne soit pas trop fort, afin d'éviter que les disques ne deviennent le siége de plusieurs espèces de mouvemens à la fois ; il faut aussi, pour la même raison, avoir soin que la corde rende

l'on inclinait le plan des oscillations de la corde, alors les lignes nodales se distorderaient toutes de la même manière sur chaque verge : de longitudinales qu'elles étaient lors du mouvement tangentiel transversal, elles deviendraient, après plusieurs transformations successives, perpendiculaires aux arêtes de toutes les lames, lorsque le mouvement serait normal, et elles se correspondraient pour la position, si toutefois les dimensions de ces verges étaient les mêmes.

L'on pourrait disposer l'appareil de manière que le système de verges parallèles fût dirigé de telle sorte que le mouvement pût y être tangentiel longitudinal; ce qui permettrait d'examiner ce qui a lieu dans le passage graduel du mouvement normal au mouvement tangentiel longitudinal : pour cela il suffit de faire en sorte que les arêtes des verges $L' L''$ aient une direction perpendiculaire aux arêtes de L, comme on le voit fig. 66. Je suppose que le plan des oscillations de la corde soit d'abord perpendiculaire aux faces de toutes les verges, elles produiront des vibrations normales, et elles présenteront un certain nombre de lignes nodales qui se correspondront sur les deux faces de chacune d'elles, comme N.. n.., N'.. n'..., fig. 67. Si alors on incline un peu le plan des oscillations de la corde, les nœuds n', n'_3, N'_1, N'_2, pour la verge inférieure, et les nœuds N, N_3, n_1, n_2 pour la verge supérieure, demeureront immobiles; mais il n'en sera pas de même pour les autres lignes nodales : sur la face supérieure de L' la ligne N' se rapprochera un peu de N'_1, tandis que la ligne N'_3 se rapprochera de la même quantité de N'_2 : au contraire, sur la face inférieure, n'_1 se rapprochera

de n' et n'_2 de n'_3. L'' offrira un changement analogue; sur sa face supérieure, N_1 se rapprochera de N, et N_2 de N_3; tandis que sur sa face inférieure n s'avancera du côté de n_1 et n_3 du côté de n_2. Si l'on incline encore plus le plan des oscillations de la corde, les nœuds mobiles se rapprocheront encore plus de ceux qui sont fixes, et enfin ils iront se confondre avec eux quand le mouvement sera tout-à-fait tangentiel longitudinal. Pour rendre cette explication plus intelligible, j'ai placé dans la figure, près de chacune des lettres qui désignent des nœuds mobiles, une petite flèche qui indique le sens dans lequel marche chacun de ces nœuds pour aller se réunir à ceux qui sont immobiles et communs aux mouvemens normal, longitudinal et obliques. Il est à remarquer que les nœuds mobiles qui sont nettement prononcés lors du mouvement normal, le sont d'autant moins ensuite que le mouvement devient de plus en plus oblique, et que par conséquent ils approchent plus de se confondre avec les lignes immobiles; ce qui semblerait indiquer que les nœuds que présentent les faces lors du mouvement tangentiel appartiennent à des surfaces immobiles, diversement configurées dans l'intérieur des corps.

La différence d'intensité de son, lorsque le son de la corde est renforcé par les vibrations tangentielles et lorsqu'il l'est par les vibrations normales, est encore ici extrêmement sensible; il est impossible de la méconnaître : en outre de l'intensité plus considérable, les vibrations transversales s'accompagnent d'un éclat et d'un brillant qui dégénère même en son criard et comme déchirant. En prenant les oscillations tangentielles comme point de départ et en inclinant l'archet successivement,

jusqu'à ce qu'il soit normal aux faces des disques, on peut aisément remarquer que le son croît graduellement d'intensité.

Pour acquérir la certitude que, dans un système de corps intimement réunis et ébranlés par une corde qui fait ses oscillations dans une direction déterminée, les molécules de toutes les parties du système et de la corde se meuvent, dans tous les cas possibles, suivant des droites parallèles entr'elles, il faut encore faire une dernière épreuve, qui consiste à ébranler le système en imprimant un mouvement longitudinal à la corde, tandis qu'on lui fait prendre des directions plus ou moins inclinées relativement aux faces des lames minces qu'elle met en vibration. Pour atteindre ce but, l'on peut réunir à la verge LL' de l'appareil de la fig. 42, un assemblage de verges placées rectangulairement entre elles, comme dans la fig. 42 *bis*. Il faut que ces verges soient fort minces et très-petites, afin que, par leur poids, elles ne puissent pas empêcher la lame LL' de vibrer avec assez de force pour qu'on puisse encore observer les mouvemens du sable : moyennant cette légère précaution, il est facile de voir que quand la corde a une direction perpendiculaire aux faces de toutes les lames minces, celles-ci sont le siége de vibrations normales. Le sable qui les recouvre est lancé à une grande distance, les lignes nodales se correspondent sur les deux faces des verges ; mais, à mesure qu'on incline la corde en faisant marcher le curseur c, on observe que le sable est lancé à une moindre hauteur ; qu'ensuite il commence à glisser, mais en faisant des pas très-courts ; et qu'enfin, quand la corde est parallèle à LL', il glisse

avec une grande vitesse en parcourant des espaces très-longs : alors le mouvement est complètement tangentiel, et les nœuds d'une des faces des verges correspondent au milieu de l'intervalle qui existe entre deux nœuds de la face opposée. Je remarquerai que, les petites verges étant très-minces et le mouvement transmis très-faible, il arrive souvent que, même pour les vibrations tangentielles, les nœuds se correspondent sur les deux faces; qu'ainsi il est difficile de juger, dans cette circonstance, par les transformations successives des nœuds, des changemens de direction du mouvement imprimé par la corde ; mais l'habitude de faire des expériences de cette nature apprend à juger de la direction du mouvement imprimé par l'espèce des mouvemens du sable.

Enfin, pour donner aux résultats que présentent les expériences contenues dans cette section toute la généralité dont ils sont susceptibles, il faut voir si ces résultats seraient encore les mêmes dans le cas où l'ébranlement, en place d'être communiqué par une corde, serait communiqué par un corps rigide, tel, par exemple, qu'une verge de métal ou de verre.

Dans le Mémoire que j'ai présenté à l'Académie sur la communication des mouvemens vibratoires entre les corps solides et rigides réunis rectangulairement entre eux ou compris dans un même plan, j'ai fait voir que, dans le cas d'un système de verges unies rectangulairement, il arrivait toujours que quand le mouvement était tangentiel pour les verges de l'une des deux directions, il était constamment normal pour les verges de l'autre direction; d'où l'on peut conclure, d'après les expériences qui précèdent, que les molécules de toutes

ces verges se mouvaient suivant des lignes droites parallèles entr'elles ; conclusion qui est encore applicable au cas où les lames minces réunies sont comprises dans un même plan, puisque, si l'une d'entr'elles, d'abord ébranlée directement, exécute des vibrations soit tangentielles, soit normales, les autres lames en produisent qui se font dans le même sens : il ne reste donc plus, pour généraliser cette conclusion pour tous les systèmes de corps minces liés intimement entr'eux, qu'à considérer le cas où le corps rigide primitivement ébranlé exécuterait des oscillations dont la direction serait plus ou moins inclinée aux surfaces des lames qui doivent être mises en mouvement. Je me bornerai à considérer deux cas de cette nature. Par exemple, je suppose qu'on substitue à la corde *ce* de l'appareil représenté fig. 23, une verge de verre ou de métal, bien cylindrique et unie solidement en *L'* à la lame mince, et en *e* au support *s*, avec de la cire d'Espagne ; si l'on promène sur cette verge un archet dirigé d'abord dans un plan parallèle aux faces de *LL'*, on obtiendra, par exemple, sur l'une des faces de la lame, une seule ligne nodale rectiligne, comme fig. 24, et cette ligne se contournera comme fig. 25, quand on inclinera l'archet : si on l'incline encore plus, la ligne, de contournée qu'elle était, se subdivisera en un certain nombre de lignes nodales inclinées sur les arêtes de la verge ; et quand la direction de l'archet sera tout-à-fait rectangulaire aux faces de la lame mince, les lignes nodales deviendront exactement perpendiculaires aux arêtes de la lame : résultat semblable à celui qu'on obtient avec cet appareil, lorsqu'au lieu d'une verge rigide, on emploie une corde.

On peut donc en conclure que la direction des oscillations de la lame LL' est toujours la même que celle des oscillations de la verge cylindrique : c'est au moins ce qui semble résulter des transformations successives et régulières que subit la ligne nodale lorsque, de parallèle aux arêtes de LL', elle lui devient perpendiculaire, après s'être divisée en plusieurs autres lignes distinctes et parallèles entr'elles.

Soit maintenant, fig. 68, LL' une verge de bois encastrée et collée en B, à une espèce de support BB'; soit aa' un petit cylindre de verre, d'environ un décimètre de longueur et de trois ou quatre millimètres de diamètre, réuni à LL' avec de la cire d'Espagne, de telle sorte que ses arêtes forment avec celles de la lame mince un angle droit : l'on pourra promener un archet sur ce petit cylindre, d'abord dans la direction FF', perpendiculaire aux plans qui passent par les faces de la verge, et ensuite dans des directions successivement plus inclinées à ces plans, jusqu'à ce qu'on arrive au parallélisme : on aura donc ainsi un appareil tout-à-fait analogue à celui de la fig. 28, et les phénomènes obtenus devront avoir une grande analogie avec ceux que donne cet appareil : c'est ce qui est en effet : on n'observe même aucune différence entre eux.

Néanmoins, je remarquerai que ces expériences, dans lesquelles le corps primitivement ébranlé est rigide, présentent beaucoup plus de difficultés, et je dirai même d'anomalies, que celles dans lesquelles l'ébranlement est communiqué par une corde bien cylindrique, uniformément flexible et fine : c'est ce que l'on con-

çoit très-bien lorsqu'on sait que quand on ébranle isolément une verge, par exemple, avec un archet promené dans une direction normale, il arrive souvent que les lignes nodales, au lieu de se correspondre exactement sur les deux faces et d'être rectangulaires aux arêtes, leur sont inclinées, et cela en sens contraire sur les deux faces, ce qui indique que la verge, au lieu de vibrer dans une direction tout-à-fait normale, est le siége d'un mouvement oblique, comme fig. 26 : qu'on suppose qu'une verge qui vibre de cette manière soit réunie à un système de corps, il est clair que quand on croira imprimer à ce système un mouvement dans un certaine direction, on lui en imprimera un qui sera incliné à cette même direction. On rencontre souvent des verges de verre, de métal, et quelquefois, mais plus rarement, de bois, qui présentent cette manière irrégulière de vibrer, soit que cela dépende de l'arrangement des molécules du corps, ou de quelques inégalités que présente la partie de la face sur laquelle on promène l'archet, soit enfin que cela dépende de la manière dont on a fixé la verge ou de la disposition des points qu'on a rendus immobiles pour pouvoir la faire résonner. Lors des vibrations tangentielles longitudinales des verges étroites, on observe encore fréquemment une anomalie du même genre. Dans cette espèce de corps, les lignes nodales, contrairement disposées sur les deux faces, sont ordinairement perpendiculaires aux arêtes longitudinales, tandis que le sable marche parallèlement à ces mêmes arêtes: néanmoins on observe souvent que cela n'a pas lieu; les lignes nodales sont quelquefois inclinées et le sable

marche obliquement : ceci s'observe fréquemment dans les verges de verre qui présentent des soufflures ou des espèces de nœuds. D'après cela il est donc nécessaire de faire vibrer séparément et d'avance les lames minces qu'on veut employer pour en former un système, et de voir si elles se divisent bien régulièrement. Enfin, il se présente encore une cause d'erreur lorsqu'on emploie des corps rigides pour communiquer le mouvement : c'est que ces corps, surtout lorsqu'ils vibrent normalement, devenant le siége d'inflexions diverses, si le petit plan qui forme leur extrémité se trouve en contact avec une autre verge, il peut arriver que, par les directions diverses que les inflexions lui font prendre, il communique un mouvement différent pour la direction de celui dont la verge à laquelle il appartient est le siége : ce qui a lieu surtout quand les amplitudes des oscillations sont très-fortes. Mais quand on a égard à toutes ces circonstances, on peut voir que la direction des oscillations communiquées est toujours la même que celle du plan dans lequel se font les oscillations du corps rigide primitivement ébranlé.

En considérant l'action exercée par le corps primitivement ébranlé, d'une part comme une force perpendiculaire à sa longueur, dans le cas où il exécuterait des vibrations normales, et comprise dans le même plan dans lequel se font ces vibrations; et d'une autre part, en considérant cette action comme une force parallèle à la longueur du corps dans le cas où il exécute des vibrations tangentielles longitudinales, on peut conclure de toutes les expériences précédentes que dans un système de corps unis intimement entre eux, toutes

les molécules qui composent ces corps se meuvent suivant des droites parallèles à la force qui représente l'action du corps primitivement ébranlé. Néanmoins, pour être en droit de tirer cette conclusion il faudrait avoir démontré directement que lors des vibrations normales il y a aussi un mouvement moléculaire. Mais en supposant qu'il en soit ainsi, cette conséquence, qui découlerait alors naturellement des expériences, cesserait d'être exacte si les parties du système étaient jusqu'à un certain point indépendantes les unes des autres; elle le serait cependant encore si ces parties étaient maintenues dans une position constante, par exemple, par pression; c'est ainsi que, dans l'appareil de la figure 56, on peut se dispenser de coller les pieds du disque *a* à la lame *L L'*; les résultats sont les mêmes que s'ils étaient collés, pourvu toutefois que les supports *S S* soient disposés de manière que la corde soit comme une ligne brisée au point *a*, parce qu'alors elle presse sur le disque et le maintient dans une position déterminée. Cette conséquence se trouverait encore exacte dans tous les cas où les diverses pièces qui composent le système seraient réunies rectangulairement entre elles, que l'union fût intime ou qu'elle ne le fût pas; mais dans toute autre circonstance le mouvement transmis pourrait différer souvent, pour la direction, du mouvement produit dans le corps primitivement ébranlé; et il ne serait guère possible de déterminer généralement ce qui arriverait alors, attendu que les cas particuliers qu'il faudrait examiner seraient infinis en nombre, comme les degrés d'union plus ou moins parfaite qui auraient lieu entre les corps.

Il faudrait maintenant pouvoir démontrer par l'expérience que lors du mouvement normal, il existe dans les corps un mouvement moléculaire analogue à celui qu'on admet pour les vibrations tangentielles. D'abord il est à remarquer que plusieurs des expériences que nous avons faites conduisent à présumer que les vibrations normales ne diffèrent pas essentiellement des vibrations tangentielles, puisqu'on peut passer de l'un à l'autre de ces mouvemens par une suite non interrompue d'autres mouvemens qui ont lieu dans des directions de plus en plus obliques. D'une autre part, lorsqu'on réfléchit qu'une lame mince, par exemple, dont on frotte légèrement et lentement la tranche avec un archet, se subdivise régulièrement en un nombre déterminé de parties vibrantes, tandis qu'elle se subdivise en un autre nombre de parties également déterminé, mais plus grand, lorsque l'archet est promené avec plus de vitesse, il n'est guère possible d'admettre que ces inflexions alternatives et ces subdivisions si régulières soient produites directement par le frottement exercé par l'archet, sans que quelqu'autre phénomène plus caché, invariable dans sa manière d'agir, ne soit la véritable cause à laquelle on doive attribuer l'extrême régularité qu'on observe dans ces subdivisions. L'on pourrait penser que les aspérités des crins de l'archet exerçant sur les particules du corps un frottement dans un sens déterminé, les sollicitent, en les écartant de leur état d'équilibre, à produire d'abord de petites oscillations, et qu'ensuite le mouvement de ces premières particules directement ébranlées se communiquant de proche en proche à toute la masse du corps, et toujours

normales à ses faces n'est pas seulement le siége d'un mouvement alternatif de flexion, mais encore qu'il est le siége d'une autre espèce de mouvement analogue à celui qu'on appelle *longitudinal*. Cette expérience ne peut pas se faire directement sur une verge parallélipipédique, attendu que, la tranche étant fort étroite, le sable ne peut y rester pendant les mouvemens de transport que le corps exécute; et que le mouvement devant être imprimé perpendiculairement à la tranche, c'est-à-dire, en frottant une des faces, pour peu que la verge soit large, il est impossible de la faire vibrer : il est cependant nécessaire qu'elle ait une largeur assez considérable, afin qu'on puisse y observer facilement la marche tangentielle des grains de sable et les lignes nodales qu'ils forment. On obvie à tous ces inconvéniens en employant une verge de la forme indiquée plus haut.

Néanmoins on peut faire l'expérience sur une verge parallélipipédique en l'ébranlant indirectement, et l'on peut de même, par ce moyen, acquérir la certitude qu'une verge qui exécute des vibrations normales est véritablement le siége d'un mouvement perpendiculaire à ses faces et tangentiel à ses tranches. Il faut pour cela prendre une règle de bois LL', fig. 72, de 5 à 6 centimètres de largeur, de 2 centimètres environ d'épaisseur et de quelques décimètres de longueur; on fixe une petite verge cylindrique d'acier ou de verre E à l'une de ses extrémités et l'on serre l'autre extrémité dans un étau : la règle étant tenue horizontale et dans la position indiquée par la figure, on répand du sable sur la tranche AB, et l'on promène un archet sur la

petite verge, dans la direction FF' perpendiculaire à AB; il se forme aussitôt sur cette tranche un certain nombre de lignes nodales nn..... : on retourne la règle de manière que $A'B'$ devienne supérieure, et l'on observe qu'il s'y forme des lignes nodales nn'... qui correspondent à celles de la tranche AB. Le mouvement est donc normal aux faces qui forment les tranches $AB, A'B'$. Si ensuite on tourne la verge dans la position qui est représentée fig. 73, et qu'on examine ce qui arrive sur la face CD, on voit que le sable y forme des lignes nodales en général irrégulières, peu prononcées, mais néanmoins qu'il se meut dans une direction qui est toujours perpendiculaire aux arêtes de la verge. Prenons un point quelconque P de l'étendue de la face CD, et supposons que la direction du mouvement y soit représentée par la flèche Vv; si l'on retourne encore la verge et qu'on examine la face opposée $C'D'$, on voit qu'au point correspondant à P le sable se meut dans une direction contraire $V'v'$. Ainsi, d'après ces expériences, les vibrations normales ne diffèrent pas essentiellement des vibrations tangentielles, ou plutôt c'est la même espèce de mouvement qui, étant produite dans un corps mince et perpendiculairement à ses faces, y occasione les mouvemens de flexion et les divisions plus ou moins nombreuses qu'on y observe. En effet, si l'on considère les vibrations appelées jusqu'ici *longitudinales* comme un mouvement moléculaire, on ne voit pas pourquoi ce mouvement ne se produirait pas dans le sens des dimensions différentes de la longueur : par rapport à ces petites oscillations des particules, il paraît indifférent, en considérant une lame

mince, de prendre l'une quelconque des dimensions pour la longueur.

§ VI. Dans une lame qui est le siége de vibrations normales, les molécules se meuvent suivant des droites parallèles entr'elles et à la droite suivant laquelle on promène l'archet : il est probable qu'il en est de même pour tous les corps, quelle que soit leur forme, même pour les anneaux et les vases.

Soit *LL*, fig. 74, une petite verge de bois d'environ 2 décimètres de longueur et de 2 centimètres de largeur, fixée en *L* à un obstacle immobile *B*, réuni lui-même à *B*, qui sert de base à tout l'appareil; je suppose qu'on pratique en *L'* un petit cylindre taillé dans la verge, et ayant pour diamètre l'épaisseur même de la lame, et que l'extrémité de ce petit cylindre, extrémité qui n'est que celle de la lame elle-même, soit fixée à un autre obstacle immobile *R*, réuni aussi à la base *B'* : si l'on promène un archet en *L'* perpendiculairement aux faces de la verge, dans la direction *FF'*, les grains de sable qu'on a répandus sur la lame sautent perpendiculairement à ses faces; mais si l'on incline l'archet d'un côté ou de l'autre, quelque petite que soit l'inclinaison, on s'aperçoit de suite que les grains de sable sont lancés à une moindre hauteur et qu'ils sont lancés obliquement, et cela dans des directions parallèles à celles que suit l'archet : s'il est incliné à droite, les parcelles de sable sont lancées à droite; s'il est incliné à gauche, elles sont lancées à gauche. Ainsi, puisque les expériences du paragraphe précédent ont prouvé qu'une verge qui produit des vibrations normales à ses faces est le siége d'un mouvement

moléculaire analogue à celui dont on reconnaît l'existence dans les vibrations longitudinales, il suit de l'expérience présente que les molécules se meuvent dans des droites parallèles entr'elles et à la droite dans laquelle se meut l'archet, puisqu'il n'y a pas de raison pour croire que quand les grains de sable sont tous lancés perpendiculairement à la surface de la lame, ils le sont par des mouvemens des molécules oscillant dans des lignes obliques à cette surface, et que d'ailleurs les expériences précédentes ont fait voir que si on examine ce qui se passe sur la tranche d'une verge, on trouve que le mouvement y est tangentiel.

Maintenant il faudrait pouvoir rechercher si, pour des corps autres que des lames minces, cette loi expérimentale se trouverait encore applicable, par exemple, si elle le serait dans un anneau ou un vase de révolution. Il est connu que, dans les corps de cette espèce, la circonférence se divise en un certain nombre pair de parties vibrantes, et que les mouvemens de transport se font de la circonférence vers le centre et du centre vers la circonférence, pour chacune des parties vibrantes : c'est ce qu'on démontre en versant de l'eau dans le vase, et en considérant les espèces de petites rides que forment à la surface du liquide les parois du vase lorsqu'elles viennent en frapper la masse : c'est encore ce qu'on peut prouver d'une autre manière, par exemple, en tendant sur l'orifice du vase une membrane mince, telle que du tafetas ou du papier, qu'on fixe d'une manière quelconque : si l'on recouvre cette membrane avec du sable et que l'on promène un archet sur le bord du vase presque parallèlement à la membrane, on observe

que les grains de sable sont animés d'un mouvement progressif, et qu'ils vont se réunir pour former une sorte d'étoile dont les pointes correspondent aux points de repos qui existent sur la circonférence du vase. Ce cas semble faire exception à tout ce que nous avons vu jusqu'à présent ; il faut donc rechercher si alors les molécules cessent de se mouvoir dans des droites parallèles entr'elles, ou si, malgré les mouvemens de transport, elles continuent encore à se mouvoir parallèlement à la droite suivant laquelle on meut l'archet.

Je suppose qu'on prenne un vase cylindrique, tel qu'un verre à boire, et qu'on en dresse exactement la base ; si l'on renverse ce vase de manière à avoir sa base tournée en haut, et qu'on la saupoudre avec du sable, on observe que toujours ses grains se meuvent dans des droites parallèles entr'elles et à la droite suivant laquelle on promène l'archet. L'on peut encore faire l'expérience en unissant à la base du verre une lame mince telle que LL', fig. 75 ; lorsqu'on promènera un archet dans la direction FF', les grains de sable seront entraînés suivant des droites telles que Vv parallèles aux arêtes de la verge, supposé que ces arêtes soient elles-mêmes parallèles à FF' ; car si FF' devenait, par exemple, $F_1 F'_1$ perpendiculaire aux arêtes de la verge, Vv, ou la direction des vibrations des molécules du verre et de la lame, deviendrait $V_1 v_1$, ainsi de suite pour toutes les directions qu'on donnerait à l'archet. Au lieu d'unir LL' à la base du verre, si on l'unit à une des arêtes du cylindre qu'il forme, comme dans la fig. 76, à quelque distance du fond du verre, on voit que la communica-

tion du mouvement a encore lieu conformément aux observations précédentes; mais quand on place LL' près des bords du vase, fig. 77, cette verge produit constamment des vibrations normales, quelle que soit la direction de FF', excepté cependant le cas où la circonférence du verre se diviserait de telle sorte que LL' reposerait sur un nœud, tandis que l'archet serait promené parallèlement à ses arêtes.

Il est facile de se rendre raison de ce phénomène en considérant attentivement ce qui se passe dans un vase en vibration : on voit que les mouvemens de transport d'où résulte la division de la circonférence en un certain nombre de parties qui vibrent alternativement en sens contraire, ne s'étendent pas très-loin des bords, ce dont on peut se convaincre en tenant le vase de manière que les arêtes du cylindre qu'il forme soient horizontales, et en y versant quelques gouttes de liquide qui viennent s'étendre sur l'arête interne alors inférieure : si l'on fait en sorte que la circonférence se divise en quatre parties vibrantes dont le milieu de l'une corresponde à l'arête où se trouve déposée la petite couche de liquide, l'on peut observer qu'elle devient le siége de petites rides qui sont d'abord très-prononcées vers les bords du vase, mais qui vont toujours en diminuant jusqu'à une certaine distance, qui varie selon les dimensions et la matière du vase qu'on examine, mais qui, en général, n'est pas éloignée de son bord même : il arrive de là que si l'on place une lame mince sur tout autre point que sur ces parties où les mouvemens de transport s'exécutent, le mouvement moléculaire est transmis conformément à tout

ce que nous avons vu jusqu'ici ; et c'est encore pour cette raison qu'il l'est de même quand la lame correspond à un nœud de vibration. Ainsi ces expériences pourraient induire à croire que, malgré les mouvemens de transport de dehors en dedans tout autour des vases, les molécules ne cessent pas, dans toutes les parties de ces corps, de se mouvoir suivant des droites parallèles entre elles et à la droite suivant laquelle on meut l'archet.

Dans tous les cas, ces faits semblent bien prouver avec évidence qu'il faut distinguer les mouvemens dont les molécules sont le siége, de ces mouvemens de transport ou de flexion qui partagent le corps en un plus ou moins grand nombre de parties qui oscillent en sens contraire.

Il est encore une espèce de mouvement qui semble faire une exception aux lois expérimentales que nous avons trouvées jusqu'ici : je veux parler des vibrations tournantes. Lorsqu'on fait résonner une verge mince qu'on tient entre les doigts par le milieu de sa longueur, et qu'on ébranle par un de ses bords avec un archet dirigé perpendiculairement aux faces mêmes de la verge, on obtient avec beaucoup de facilité l'espèce de division qui est représentée fig. 78, dans laquelle on observe une ligne nodale longitudinale coupée à angle droit par une autre ligne qui passe par le point *A* qu'on tient entre les doigts. Ce genre de vibrations est de tous ceux qu'on peut produire dans une verge de médiocre longueur et ébranlée avec un archet, celui qu'on obtient le plus facilement. En touchant le point *A'* ou le point *A''*, fig. 79, l'on peut obtenir une subdivision qui donne un son plus élevé; il en

est de même dans la fig. 80, etc. M. Chladni ayant produit cette sorte de mouvement dans des cylindres et dans des verges de diverses formes, crut devoir la distinguer des vibrations normales ordinaires, et il lui donna le nom de *vibrations tournantes*; mais, comme nous allons le voir, cette distinction ne paraît ni exacte ni nécessaire. En effet, si l'on considère le mode de mouvement de la fig. 78, l'on voit qu'il est tout-a-fait analogue à celui d'une plaque carrée qui est divisée par des lignes nodales rectilignes qui se croisent à angle droit, et qui sont parallèles aux côtés de la lame. Il est donc déjà probable, par ce simple rapprochement, qu'on ne doit pas établir de distinction entre deux mouvemens qui présentent des résultats qui ont tant de rapport entr'eux.

Conformément à ce qu'a avancé M. Chladni, les nombres de vibrations dans un temps donné sont, pour ce genre de mouvement, réciproques aux longueurs des verges qui les produisent; c'est ce qu'il est très-facile de vérifier, soit pour les verges qu'on tient par le milieu de leur longueur, soit pour celles qui sont fixées par une ou par leurs deux extrémités : pour cela il suffit de prendre des verges dont les longueurs soient entr'elles dans des rapports simples, par exemple, comme les nombres 1, 2, 4 : l'on observe que les sons qu'elles rendent sont comme ut_3, ut_2, ut_1, le son de la verge la plus courte étant appelé ut_3. Mais, en place de ne considérer que les variations de longueur, si l'on considère les variations de largeur, les autres dimensions restant les mêmes, l'on trouve que la même loi est applicable aussi aux largeurs, c'est-à-dire que les nombres

des vibrations sont réciproques aux largeurs; c'est ce qu'on peut vérifier de même sur des verges dont les largeurs sont comme 1, 2, 4 : par exemple, on trouve que les sons sont aussi comme ut_3, ut_2, ut_1, le mode de division étant le même dans toutes les plaques. Il résulte de là que, pour cette espèce de mouvement de transport, les nombres des vibrations sont réciproquement proportionnels aux aires des surfaces des lames minces et rectangulaires. D'après cette loi, que M. Chladni avait entrevue, on ne conçoit pas trop ce qui a pu l'engager à regarder ce genre de mouvement comme distinct des vibrations normales ordinaires, et surtout on ne voit pas ce qui a pu le conduire à avancer que les sons d'une verge qui était le siége de vibrations tournantes étaient toujours à la quinte, au-dessous du son que rendait la même verge lorsqu'elle vibrait longitudinalement, bien entendu dans le cas du même mode de division, et la verge étant du reste placée dans les mêmes circonstances. En effet, quelle que soit la largeur d'une verge qui vibre longitudinalement, l'on sait que le nombre de ses vibrations demeure le même; mais puisque, dans les vibrations appelées *tournantes*, les nombres des vibrations sont réciproques aux largeurs, il s'ensuit qu'elles ne demeurent pas à la quinte grave du son longitudinal, puisque ce dernier son est invariable pour la même longueur, quelle que soit la largeur. Il est donc évident que ce genre de mouvement ne doit pas être distingué des vibrations normales ordinaires; car la seule différence qu'on observe entr'eux, c'est que dans les vibrations soit disant tournantes il y a toujours une ligne nodale longitudinale, parallèle aux côtés de la

lame et également distante de chacun d'eux, tandis que, pour les vibrations normales, surtout d'une lame étroite, les lignes nodales sont toutes perpendiculaires aux côtés de la verge ; mais, dans les deux cas, les parties vibrantes qui avoisinent une ligne nodale sont animées d'un mouvement de transport ou de flexion qui se fait en sens contraire ; d'où il résulte que les lignes nodales observées sur chacune des faces de la lame y sont disposées de manière à se correspondre.

Il est facile de voir que toutes les fois qu'une lame de forme quelconque est traversée par deux lignes nodales qui se croisent à angle droit, les mouvemens de transport dont elle est le siége peuvent être considérés comme le produit d'une torsion alternative et opposée dans les deux moitiés de la plaque, quelle que soit d'ailleurs sa forme ; et par conséquent il doit en résulter que, pour les plaques de forme quelconque, les nombres des vibrations doivent, pour ce genre de mouvement, être réciproques aux aires des lames minces, comme cela a lieu pour les lames carrées : c'est en effet ce qui arrive : par exemple, on sait que dans les lames circulaires qui se divisent en quatre parties vibrantes, les nombres des vibrations sont comme les carrés renversés des diamètres, ce qui donne les nombres des vibrations réciproques aux aires des surfaces vibrantes.

Puisque les vibrations appelées tournantes ne sont qu'une espèce de vibrations normales, il résulte de toutes les recherches qui précèdent, que les vibrations normales, ainsi que celles qui sont obliques ou qui sont tangentielles, soit dans le sens de la longueur, soit dans le sens de la largeur, ne diffèrent entre elles que par les

mouvemens de transport ou de flexion qui sont produits par les petites oscillations moléculaires. Il faudrait donc rechercher quelle est la nature de ces mouvemens secondaires dans les différentes espèces de corps, selon que les molécules oscillent dans une direction ou dans une autre. Il est clair que puisque ces diverses espèces de mouvemens généraux sont produits par une même cause, elles doivent avoir un lien entre elles, et qu'on ne doit pas les isoler en cherchant à en découvrir la nature ; c'est pourquoi je les considérerai toutes en même temps dans la section suivante.

(*La suite au Cahier prochain.*)

SUR *l'Existence du bitume dans des pierres.*

Par le très-honorable GEORGE KNOX.

(Traduit des *Transactions philosophiques*, 1823, 2me partie.)

DANS le Mémoire que j'eus l'honneur de soumettre à la Société royale le 9 mai 1822 (*voyez* les *Ann.*, t. XXII, p. 44), j'annonçai que j'avais l'intention de rechercher le bitume dans des pierres où l'on ne croit pas généralement qu'il existe. C'est le résultat de ce travail que je demande la permission de présenter aujourd'hui.

Dans le Mémoire cité, j'ai décrit le procédé à l'aide duquel j'obtiens, par la distillation des pierres pulvérisées, les ingrédiens volatils qu'elles renferment. J'avais alors découvert une substance bitumineuse dans deux variétés de pechstein (pitch-stone) de Newry et de Meis-

sen. J'ai depuis soumis aux mêmes opérations les minéraux dont les noms suivent : 1° le pechstein d'Arran ; 2° la perlite (pearl-stone) de Tokay, en Hongrie ; 3° la pierre ponce d'Islande ; 4° l'amygdaloïde (mandelstein), de l'île du Disco ; 5° les basaltes ou le grunstein secondaire de Newry ; 6° le grunstein (diabase) de transition de la montagne de Carlingford, dans le comté de Louth ; 7° la terre bolaire (bole) de l'île du Disco ; 8° les basaltes de la chaussée des Géants ; 9° les basaltes de l'île du Disco ; 10° des pierres de Clackhill, près le château de Wellan en Irlande, comté de Down, considérées par les uns comme grűnstein primitif, et par les autres comme de transition ; 11° la wacke de l'île du Disco ; 12° l'argile ferrugineuse (iron clay) de l'île du Disco ; 13° l'argile ferrugineuse de Howth ; 14° l'amphibole (hornblende) de Schneeberg, dans la Haute-Saxe ; 15° la tourmaline de Karorulik, dans le Groënland ; 16° le pyroxène (augite) d'Arendal en Norwège ; 17° la serpentine de Zőplitz, dans la Haute-Saxe ; 18° le schiste argileux (clay slate) de Bangor, Galles septentrionale ; 19° le feldspath blanc de Killiney, près de Dublin ; 20° le feldspath rouge de chair, d'Aberdeen en Ecosse ; 21° la menilite de Ménil-Montant, près de Paris ; 22° l'argile happante (adhesive slate) de Ménil-Montant ; 23° le mica schiste (mica slate) de Freyberg en Saxe ; 24° le mica des monts Ourals en Sibérie ; 25° l'obsidienne des îles Lipari ; 26° le quarz hyalin fétide de Nantes en France ; 27° le quarz commun ; 28° le cristal de roche du cap de Bonne-Espérance.

Les détails qui suivent montreront jusqu'à quel point mes essais ont réussi.

1. *Pechstein d'Arran.*

L'échantillon était d'une teinte vert olive très-sombre ; la cassure conchoïdale dans toutes les directions : on y remarquait un grand nombre de points de feldspath d'une teinte verte perlée.

Chauffée dans un creuset de platine, la pierre perdit 4,7059 pour cent. A une très-haute température, elle se fondit ; en tout, la perte fut de 5 grains. Par la distillation dans une retorte de fer, il passa 4,5 pour cent d'eau et de bitume. Autant que je pus en juger, 2 pour cent étaient du bitume semblable à celui que j'avais tiré de la pierre de Newry.

La retorte contenait une substance analogue à de la pierre ponce, mais pas tout-à-fait aussi dure. Cette substance se rompait par joints semblables à ceux des colonnes basaltiques ; une extrémité de chaque joint était convexe, l'autre concave. La couleur était devenue un blanc laiteux.

2. *Perlite* (*Pearl stone*).

100 grains perdirent, par l'action d'une forte chaleur, 3,25, et passèrent d'une teinte vert de cendre à un blanc rougeâtre : la substance avait probablement absorbé de l'oxigène.

Par la distillation, on obtint 2,5 d'eau et de bitume flottant. Le résidu, dans la retorte, était, comme dans l'expérience n° 1, une ponce friable et qui se brisait de la même manière.

3. *Pierre Ponce.*

Elle entra en fusion sans rien perdre de son poids.

4. *Amygdaloïde de l'île du Disco.*

Perte par la chaleur, 3,25.

Le produit de la distillation était une eau bitumineuse pesant 3,1 pour cent de la substance.

5. *Grünstein basaltique.*

Cette pierre forme des bancs dans le granite, près de Newry; je l'avais, par méprise, confondue avec du basalte. Les bancs contiennent des boules concentriques sphéroïdales. L'échantillon sur lequel j'ai opéré était précisément une de ces boules.

Il perdait, par l'ignition, 6,25 pour cent, et donnait par la distillation, quand on en avait chassé toute l'eau à une température au-dessous du rouge, 1,75 de bitume pur.

6. *Grünstein de transition de Carlingford.*

Il perdait 2 pour cent par la calcination; il donnait, par la distillation, 1,5 pour cent d'un fluide principalement composé de bitume.

7. *Bol.*

Cette terre perdit 24,5 pour cent ; par la calcination la couleur passa du jaune isabelle au rouge de tuile.

La distillation produisit une grande quantité de bitume; mais un accident m'empêcha d'évaluer exactement sa proportion, relativement au poids de la terre. Ce bitume avait un goût salin, rougissait le papier de curcuma, et donnait naissance à des vapeurs blanchâtres quand on l'approchait d'un flacon contenant de l'acide muriatique.

8. *Basalte de la Chaussée des Géants.*

Perte par la calcination, 6,051 pour cent.

Produit de la distillation, 6 pour cent de bitume et d'eau; le résidu était une espèce de ponce qui se brisait comme celle du numéro 1.

9. *Basalte de l'île du Disco.*

Produit de la distillation, 2,312 pour cent d'eau et de bitume; résidu, ponce qui se brisait comme celle du n° 1.

10. *Obsidienne.*

Perte par la calcination 1,75 pour cent. La couleur passa du vert de cendre à un blanc rougeâtre. L'échantillon original dans la masse était noir.

La distillation donna 0,2 pour cent d'une eau bitumineuse qui laissait apercevoir des traces d'ammoniaque. Le résidu dans la retorte était une substance imparfaitement vitrifiée, légère, très-vésiculaire, semblable à la ponce vitreuse qui adhère aux obsidiennes de l'île de l'Ascension et est disséminée dans leur masse. Ce résidu se rompait comme celui du n° 1; un fragment semblable au reste s'était sublimé dans le col de la retorte.

11. *Grünstein (Diabase et Diorite) de Clack Hill.*

La calcination réduisait le poids de 2 pour cent. La distillation donnait 2 pour cent d'un liquide bitumineux, principalement composé d'un bitume dont une portion était si volatile que la simple chaleur de la main transmise à travers les parois épaisses

d'une bouteille, suffisait pour la vaporiser en peu de secondes.

12. *Wacke de l'île du Disco*

Ce minéral, qui est du wacke pur, se trouve à Inmarsoal, sur la côte méridionale de l'île du Disco, enfermé dans un tuf basaltique, très-près du rivage. Dans le voisinage, il existe des bancs de charbon brun.

Perte par la calcination, 19,4 pour cent.

Produits de la distillation, 11,42 d'eau bitumineuse, 4 pouces cubes d'acide carbonique et 8 d'hydrogène carburé.

La retorte, à la suite de l'opération, contenait une poudre noire de velours. Placée dans un creuset de platine fermé, cette poudre n'éprouva pas de changement à une température qui fondait la fonte de fer.

En brûlant le charbon que contenait cette poudre dans un creuset ouvert, il y avait une perte de 4 pour cent. Après elle donnait par la fusion une scorie.

Ces expériences me conduisirent à essayer si en chauffant la substance sous des charbons, pour empêcher le carbone qu'elle contient de s'échapper, je n'obtiendrais pas un schiste graphique ou *black chalk?* L'essai réussit ; le schiste graphique (zeichenschiefer) était d'une consistance et d'une couleur assez favorables ; les marques qu'il faisait étaient effacées, comme celles du graphite, par le souffle et le caoutchouc.

13. *Argile ferrugineuse de l'île du Disco.*

Perte par la calcination, 21 pour cent.

La distillation donna une eau bitumineuse du poids de 18,25 pour cent.

14. *Argile ferrugineuse de Houth.*

Par la calcination, 5 pour cent de perte.

La distillation produisit 4 pour cent de bitume renfermant une très-petite quantité d'eau. Le résidu, dans la retorte, était de la ponce d'une couleur bleue violacée pâle, présentant un commencement de vitrification. Par l'action d'une chaleur plus intense dans un creuset de platine, la couleur passa au gris-verdâtre.

15. *Bol ou Terre bolaire de l'île du Disco.*

Distillée dans une retorte de verre vert lutée, elle donna à-peu-près les mêmes résultats que le n° 7: seulement on ne trouva pas d'ammoniaque.

Je fis bouillir une portion de cette terre, pendant une couple d'heures, dans de l'acide muriatique concentré. Après la filtration et l'évaporation, je trouvai qu'une grande quantité de matière s'était dissoute; mais il n'y eut pas de muriate d'ammoniaque de formé.

16. *Amphibole de Schneeberg, Haute-Saxe.*

Par calcination, il y eut 3 pour cent de perte. La couleur se fonça.

La distillation ne donna que 0,75 pour cent d'une eau bitumineuse; mais il s'en était perdu un peu durant l'opération.

17. *Tourmaline de Karorulik, dans le Groënland occidental.*

Le produit de la distillation fut de 0,7 pour cent d'une eau bitumineuse. Le résidu, dans la retorte, était une

ponce très-durcie ; la couleur de la pierre était le noir de velours ; la couleur de sa poudre, cendre verdâtre ; celle de la ponce, blanc de perle.

18. *Pyroxène d'Arendal.*

0,5 pour cent de perte par calcination.

0,35 de produit par la distillation. Ce liquide contenait principalement du bitume. Le résidu, dans la retorte, était en poudre : on n'avait pas opéré à une très-forte chaleur.

19. *Serpentine commune de Zöplitz, dans la Haute-Saxe.*

12,5 pour cent de perte par calcination.

10,5 d'eau bitumineuse par distillation.

20. *Schiste argileux de Bangor.*

Perte par la calcination, 3,25 pour cent.

Produit liquide de la distillation, 3 pour cent d'eau bitumineuse.

Le résidu, dans la retorte, était cohérent, mais sans dureté. Il se rompait comme le n° 1.

21. *Feldspath blanc de Killiney.*

Par la calcination, il perdit 0,40 pour cent. La couleur ne changea pas.

La distillation, dans une retorte de fer, donna 0,35 pour cent d'une eau bitumineuse qui, avec la vapeur d'acide muriatique, fournit des indices de la présence de l'ammoniaque.

22. *Feldspath blanc de Killiney.*

Distillé dans une retorte de verre vert convenablement enveloppée, il me fournit les mêmes résultats que dans la première expérience, si ce n'est qu'il n'y eut aucune trace d'ammoniaque.

23. *Feldspath couleur de chair, d'Aberdeen.*

Distillée dans une retorte de verre vert, cette pierre donna une eau bitumineuse totalement dépourvue d'ammoniaque; une partie se perdit par l'effet de la fusion du verre.

24. *Ménilite de Ménil-Montant.*

La distillation donna 3,75 pour cent d'une eau bitumineuse contenant un peu d'ammoniaque. Une substance friable resta dans la retorte; soumise, dans un creuset de platine, à l'action d'une forte chaleur, elle perdit 1,25 pour cent : c'était probablement du charbon.

Cette substance, chauffée sous des charbons, devint noire : cependant elle ne marquait pas sur le papier.

25. *Argile happante ou Klebschiefer.*

Ce schiste était la gangue du ménilite. Par la distillation il donna 18,5 pour cent d'eau et d'un bitume jaune de vin qui flottait à la surface de l'eau.

Le résidu, dans la retorte, était cohérent, mais friable; il se brisait comme celui du n° 1.

26. *Schiste micacé.*

La calcination lui fit perdre 2 pour cent. La couleur se fonça.

La distillation donna une eau bitumineuse très-volatile. Il n'y avait pas de trace d'ammoniaque : on perdit une partie de ce produit liquide.

Le résidu, dans la retorte, était une ponce pesante qui se rompait comme le n° 1.

27. *Mica blanc d'argent.*

La distillation produisit 1,33 pour cent d'eau bitumineuse et quelques traces d'ammoniaque. Le résidu, dans la retorte, était légèrement cohérent.

28. *Quarz hyalin fétide.*

Par l'ignition il perdit 0,937 pour cent de son poids et son odeur.

La distillation produisit une eau bitumineuse, sentant fortement le naphte, mais dans laquelle il ne fut pas possible de découvrir ni ammoniaque ni hydrogène sulfuré.

29. *Quarz concrétionné perlé.*

La calcination lui fit perdre 1 pour cent. La distillation donna 0,1 d'une eau bitumineuse très-fétide.

Le résidu n'avait pas changé de couleur; il était en poudre.

30. *Cristal de roche.*

L'échantillon était parfaitement transparent et sans couleur ; sa poudre était blanc de neige. La calcination ne lui fit rien perdre.

31. *Adulaire. Cristal de couleur blanche perlée.*

Elle ne perdit rien par la calcination.

32. *Adulaire du Groënland, bleu perlé.*

La calcination lui fit perdre 0,4 pour cent.

Toutes ces substances, l'adulaire blanche et le cristal de roche exceptés, scintillaient plus ou moins fortement quand on les projetait dans du nitre bouillant.

EXPÉRIENCES ADDITIONNELLES.

En distillant de nouveau le feldspath, j'ai obtenu le fluide volatil.

33. *Marbre de Carare.*

Ce marbre a donné 0,15 pour cent d'une eau qui n'avait aucune odeur et qui ne renfermait aucune substance alcaline.

34. *Lucullite de Galway.*

Produit de la distillation dans une retorte de fer, 0,188 pour cent. A l'origine le liquide sentait l'huile, ensuite l'odeur devint ammoniacale. Le papier teint avec du litmus et rougi par l'acide acétique, bleuissait dans ce liquide. Le papier teint en bleu par les végétaux y verdissait.

Le résidu, dans la retorte, était blanc, excepté dans la partie supérieure, qui avait une apparence charbonneuse. Il ne faisait pas effervescence et ne donnait aucune odeur d'hydrogène sulfuré quand on le jetait dans de l'acide muriatique étendu.

Dans une autre distillation du lucullite où l'on n'amena pas tout-à-fait la chaux à l'état caustique, on remarqua, pendant l'action de l'acide muriatique sur le résidu, une odeur d'hydrogène sulfuré.

(Je suis redevable des minéraux du Groënland à sir Charles Giesecke; de ceux d'Arran, Carlingford et Castle-Wellan à M. Griffith, et enfin du quarz fétide à M. Moore.

J'ai toujours calciné les substances dans des creusets de platine.)

OBSERVATIONS.

J'abuserais du temps de la Société si j'essayais de me servir des faits auxquels je suis arrivé, soit pour confirmer ou pour combattre l'une des deux célèbres théories des géologues, soit pour soutenir des hypothèses de mon invention.

Les découvertes que sir H. Davy a faites en examinant les cavités des minéraux montrent d'ailleurs avec quelle réserve on doit envisager ces questions. Son Mémoire (*Ann.*, tom. XXI, p. 132 et suiv.) renferme un fait considéré, jusqu'à ces derniers temps, presque comme une démonstration d'un de ces systèmes; et, maintenant, il fournit un argument à-peu-près irrésistible en faveur de l'autre. Je me contenterai donc de soumettre à la Société les résultats les plus saillans de mon travail et quelques-unes des conséquences qui en découlent.

On peut se demander si le bitume obtenu par la distillation existait tout formé dans la pierre. Il n'est pas improbable que ce bitume a pu être un peu altéré durant l'opération; mais je dois faire remarquer qu'une substance huileuse et inflammable, à-peu-près identique avec celle que la distillation fournit, s'obtient en traitant les mêmes corps par les moyens ordinaires d'analyse, et que le bitume extrait d'une si

grande variété de minéraux a la même couleur, la même odeur et la même volatilité.

Quant à l'ammoniaque dont on aperçoit quelquefois des traces, je pense moi-même qu'il est produit durant l'opération, et les expériences sur le feldspath et la terre bolaire rendent cette opinion très-probable. Je conçois qu'il provient de la décomposition qu'éprouve le bitume à une haute température, soit par l'action du fer de la retorte, soit par le charbon contenu dans le minéral.

La transformation, que nous avons opérée, de pierres pulvérisées, bitumineuses et vitrifiables, en substances ressemblant à la pierre ponce, peut jeter quelque jour sur l'origine et la formation naturelle de ces corps.

La transformation de l'obsidienne en une espèce de ponce, la preuve qu'elle contient du bitume, paraissent propres à justifier la place qu'on a donnée à ce minéral parmi les pechstein.

Il résulte de tous les faits que j'ai rapportés, que du bitume ou des huiles inflammables et volatiles existent, en proportions considérables et à l'état d'union chimique, dans toutes les roches de formation trappéenne; peut-être est-il permis dès-lors de considérer cette formation, quelle qu'en soit l'origine, comme la source des *déjections* volcaniques.

L'existence d'une substance inflammable dans les roches les plus anciennes, telles que le mica, le schiste, etc.; enfin, l'exception que le cristal de roche limpide et l'adulaire ont présentée, fixeront probablement l'attention des géologues.

Il est remarquable du reste que, dans ces roches, les ingrédiens volatils ou inflammables existent en moindres

proportions que dans les roches d'une formation plus récente, et qu'ils paraissent y être plus fortement combinés.

Si la scintillation qu'offrent les pierres en poudre, quand on les projette dans du nitre bouillant, est un indice véritable de la présence du charbon, les expériences que j'ai rapportées prouveront que cette substance est plus répandue dans le règne minéral qu'on ne l'avait supposé jusqu'ici, et serviront à expliquer quelques-unes des pertes que les chimistes les plus expérimentés font souvent dans leurs analyses.

On conclura de toutes ces observations que, pour analyser exactement une pierre, il faut lui faire éprouver une distillation préalable, et en soumettre le produit à un examen détaillé (1).

Ce serait évidemment une erreur que d'appeler *eau* la totalité de la matière volatile qui s'échappe des pierres pendant leur calcination. Mais combien n'y a-t-il pas de pierres qui contiennent du bitume en même temps que de l'eau ! Combien n'en existe-t-il pas d'où le charbon se dégage à l'état de gaz acide carbonique ou d'hydrogène carburé !

En résumé, j'espère qu'on me permettra, d'après ce qui précède, de recommander de faire précéder toute analyse des substances minérales, d'une distillation qui fournira le bitume liquide et une partie du charbon à l'état de gaz ; on examinera ensuite le résidu dans la

---

(1) Dans cette distillation, il se condense souvent, dans la retorte, une matière excessivement volatile, et que la seule chaleur de la main transforme en vapeur.

retorte pour retrouver le charbon restant : on pourra, si l'on veut, le brûler ou employer tout autre moyen, au choix de l'expérimentateur.

Nota. M. de Humboldt avait déjà fait, en 1822, des expériences curieuses sur la décoloration et le gonflement des obsidiennes. Il y a perte, disait-il, d'un principe colorant, et ne peut-on pas admettre que ce principe volatil est un hydrure de carbone, analogue à celui qui existe peut-être dans les silex pyromaques, si faciles à blanchir par le feu ? (*Rel. hist.* I. 164.) (*R.*)

EXAMEN *chimique de l'Analcime, du cuivre pyriteux et du sulfure de bismuth.*

PAR M. HENRI ROSE.

I. *Analcime.*

LA première recherche sur la composition de l'analcime a été faite par M. Vauquelin (1) : il a trouvé que ce minéral contient :

Silice,	58;
Alumine,	18;
Eau,	8,5;
Soude,	10;
Chaux,	2;
Fer, une trace.	
	96,5.

Si l'on considère la chaux comme accidentelle, les quantités d'oxigène de ces substances sont entre elles dans le rapport de 12 : 3 : 3 : 1, et la formule minéralogique de ce minéral serait par conséquent

(1) *Annales du Musée de l'Histoire naturelle*, tome IX, page 249.

$NS^3 + 3 AS^3 + 3 Aq$. Ce résultat est cependant peu vraisemblable ; car l'analcime rougi aurait alors précisément la même composition que l'albite, et il montrerait, dans les essais au chalumeau, les mêmes phénomènes; ce qui n'est pas constaté par l'expérience (1).

L'analcime que j'ai analysé se trouve dans la vallée de Fassa en Tyrol. Les cristaux, qui présentaient des trapézoèdres, étaient en quelques parties d'une couleur un peu rougeâtre; l'analyse n'y indiquait cependant que des traces imperceptibles d'oxide de fer; ils étaient au reste purs et translucides.

L'analcime, pulvérisé et séché fortement sur la coupelle, a perdu, après l'avoir rougi au feu, 8,27 p. d'eau, qui était un peu alcaline. En faisant rougir des morceaux entiers, j'ai trouvé la perte, dans différens essais, de 8,80, 8,86 et 8.96 p. L'analcime perd par là sa translucidité et devient d'un blanc d'émail.

L'analyse de l'analcime est peu compliquée, puisqu'il est très-facilement décomposé par les acides, s'il est pulvérisé et qu'il n'ait pas été rougi. On n'a donc pas besoin de recourir au nitrate de baryte, qui est le procédé d'analyse dont M. Vauquelin s'est servi, et qui cause toujours une perte plus ou moins considérable. Digéré avec de l'acide hydrochlorique, il a formé une gelée qui a été séchée, et traitée ensuite par de l'acide hydrochlorique étendu d'eau pour en séparer la silice. La liqueur filtrée, qui ne contenait ni de la chaux ni de la magnésie, a été précipitée par le carbonate d'ammoniaque; le précipité s'est dissous, jusqu'à une légère

(1) *De l'Emploi du chalumeau*, par Berzelius, p. 355.

trace de silice et d'oxide de fer, dans de la potasse pure. La liqueur, après en avoir séparé la silice et l'alumine, a été évaporée et le résidu rougi jusqu'à ce que l'hydrochlorate d'ammoniaque ait été tout-à-fait volatilisé. L'alcali fixe qui est resté cristallisait en cubes, et s'est fait reconnaître, dans toutes ses propriétés, pour du chlorure de sodium sans potasse. Le résultat de l'analyse est :

		Oxigène.
Silice,	55,12	27,72;
Alumine,	22,99	10,73;
Soude,	13,53	3,46;
Eau,	8,27	7,35.
	99,91.	

Je me suis convaincu par des essais que l'analcime blanc et limpide qui se trouve dans une lave de Catane en Sicile avait la même composition. Je n'ai pu cependant en faire l'analyse, parce que la quantité que j'en possédais était trop petite, et que les échantillons étaient de plus mêlés de carbonate de chaux.

J'ai analysé encore un autre analcime de Fassa, différent de celui dont je viens de parler, et j'ai trouvé que sa composition est parfaitement d'accord avec celle du précédent. Le résultat de mon analyse est le suivant :

		Oxigène.
Silice,	56,47	28,40;
Alumine,	21,98	10,27;
Soude,	13,78	3,51;
Eau,	8,81	7,83.
	100,99.	

Cet analcime était d'un rouge de chair, de sorte qu'on n'avait pas tort de lui donner le nom de *sarcolithe*, nom par lequel on a distingué un analcime de Montecchio-Maggiore, près de Vicence, dans lequel M. Vauquelin a trouvé :

Silice................	50 p.
Alumine............	20
Eau	21
Soude avec de la potasse.	4,5
Chaux...............	4,5.
Fer, une trace.	
	100.

Je ne puis expliquer la grande différence entre l'analyse de M. Vauquelin et la mienne ; je crois cependant avoir raison d'admettre que le sarcolithe qu'il a analysé n'était pas tout-à-fait pur. Au moins les grands cristaux d'analcime qu'on trouve dans la vallée de Fassa sont quelquefois tellement remplis de cristaux d'apophyllite parfaitement prononcés, qu'ils en contiennent presque la moitié de leur masse. Dans le cristal d'analcime que j'ai analysé, j'ai trouvé un cristal d'apophyllite qui avait la grandeur d'un pouce. Il est quelquefois difficile de séparer la masse de l'analcime de ces cristaux de l'apophyllite ; on reconnaît cependant les derniers par leur éclat nacré, et principalement par leur clivage distinct, qui est parallèle au plan perpendiculaire à l'axe. Il suit cependant de mon analyse, dans laquelle je n'ai pu découvrir ni de la chaux ni de la potasse qui se trouvent dans l'apophyllite, que les morceaux que j'ai employés étaient parfaitement exempts de cette substance.

La quantité d'oxigène de la soude est à celle de l'alumine, dans mes analyses de l'analcime, dans le rapport de 1 : 3, et à celle de la silice comme 1 : 8. La quantité de l'oxigène dans l'eau est un peu plus que le double de celle de la soude ; on doit en chercher la cause dans l'eau de décrépitation que l'analcime contient ; car il décrépite toujours lorsqu'on le chauffe. Sa formule minéralogique est donc : $NS^2 + 3 AS^2 + 2 Aq$.

La formule de l'amphigène est, d'après les analyses de Klaproth et d'Arfwedson, $KS^2 + 3 AS^2$. Si on compare les formules de l'amphigène et de l'analcime, on voit qu'au lieu d'un atome de bi-silicate de potasse, le dernier contient un atome de bi-silicate de soude et de plus deux atomes d'eau. Mais comme l'amphigène et l'analcime ont une cristallisation semblable, nous en pourrions conclure que dans les composés un atome de potasse peut être remplacé par un atome de soude avec deux atomes d'eau, sans que la forme soit changée, comme M. Mitscherlich a démontré qu'un atome de potasse peut être remplacé par un atome d'ammoniaque avec deux atomes d'eau. Cette conclusion est en quelque sorte justifiée par l'alun de soude ; il faut cependant qu'elle soit confirmée par d'autres faits, puisque la cristallisation de ces deux minéraux et de ces deux aluns appartient au système régulier, et ainsi à une forme qu'affectent les corps le plus différemment composés. Jusqu'à présent nous ne connaissons, outre ces deux substances, aucun sel naturel ou artificiel dans lequel un atome de potasse soit remplacé par un atome de soude avec deux atomes d'eau.

2 *Cuivre pyriteux.*

On a beaucoup d'analyses du cuivre pyriteux ; elles ne donnent cependant aucune formule vraisemblable, et diffèrent toutes l'une de l'autre. J'ai analysé trois sortes cristallisées de cuivre pyriteux, et j'ai trouvé dans toutes la même proportion des parties constituantes.

L'analyse du cuivre pyriteux, quoique très-simple, ne m'a cependant jamais donné des résultats correspondans à une formule vraisemblable, lorsque j'ai séparé l'oxide de fer de l'oxide de cuivre par l'ammoniaque pure. L'oxide de fer précipité contenait toujours, même après avoir été parfaitement lavé, une quantité assez considérable d'oxide de cuivre, que je ne pouvais séparer si je ne précipitais le cuivre de la solution hydrochlorique de l'oxide de fer par l'hydrogène sulfuré.

J'ai dissous, à chaque analyse du cuivre pyriteux, deux quantités différentes dans de l'eau régale. J'ai précipité l'une des deux solutions par le chlorure de barium pour déterminer la quantité du soufre par le sulfate de baryte obtenu, et j'ai versé dans l'autre de l'ammoniaque pure en excès. J'ai rougi l'oxide de fer précipité et je l'ai dissous dans de l'acide hydrochlorique, qui m'a toujours laissé une petite quantité de silice. J'ai traité alors, comme je l'ai dit, la dissolution avec de l'hydrogène sulfuré (1).

---

(1) L'oxide de cuivre obtenu ne contenait jamais de traces de silice. J'ai trouvé celle-ci toujours dans l'oxide de fer

J'ai obtenu les résultats suivans de deux sortes cristallisées de cuivre pyriteux de Ramberg en Sayn et de Furstenberg :

	1. Celui de Ramberg.	2. Celui du Furstenberg.
Cuivre,	34,40	33,12
Fer,	30,47	30,00
Soufre,	35,87	36,52
Silice,	0,27	0,39
	101,01	100,03.

L'analyse d'un cuivre pyriteux cristallisé de Freiberg m'a donné un résultat semblable.

La quantité de soufre dans les résultats cités suffit pour former avec les deux métaux des sulfures de deux atomes de soufre ; car 34,40 p. de cuivre se combinent avec 17,48 p. de soufre, et 30,47 p. de fer avec 18,07 p. de soufre, pour former, dans le premier cas, CuS^2, dans le second FeS^2. La quantité de fer est un peu trop grande pour la quantité du soufre, si le cuivre pyriteux est composé d'après la formule chimique $FeS^2 + CuS^2$; toutes les sortes de cuivre pyriteux contiennent cependant des traces plus ou moins considérables d'oxide de fer, qui leur est mêlé comme la silice. On peut s'en convaincre si l'on traite le cuivre pyriteux pulvérisé, dans un flacon fermé, avec de l'acide hydrochlorique : la dissolution contient toujours du peroxide de fer, qui, comme on sait, ne peut pas se

---

précipité, même dans les analyses des mines qui contiennent beaucoup de métaux différens, comme dans le cuivre gris.

former par la dissolution du proto-sulfure de fer. La quantité d'oxide de fer n'est cependant considérable que dans le cuivre pyriteux qui se trouve en masse, et elle est très-petite dans le cuivre pyriteux cristallisé.

La formule $FeS^2 + CuS^2$ pourrait paraître paradoxale, puisque nous ne trouvons dans la nature ni la combinaison FeS^2 ni la combinaison CuS^2; car nous savons, par les analyses de M. Stromeyer, que le fer sulfuré magnétique (magnetkies) n'est pas un proto-sulfure de fer (ce que mes analyses d'un fer sulfuré magnétique très-pur ont confirmé), et la combinaison CuS^2 ne peut être préparée que par la voie humide, et ne se trouve pas de même dans aucun minéral. Nous rencontrons cependant souvent dans la nature des combinaisons analogues aux sels doubles, que nous ne trouvons pas seules. Le feldspath, par exemple, est un tri-silicate d'alumine combiné avec un tri-silicate de potasse, quoiqu'on ne trouve dans la nature ni un simple tri-silicate d'alumine ni un tri-silicate de potasse.

Il est cependant plus vraisemblable que la formule du cuivre pyriteux est $CuS+FeS^3$ plutôt que CuS^2+FeS^2 (1); car le cuivre pyriteux n'est pas magnétique, comme il le serait s'il contenait du proto-sulfure de fer (2) : il pa-

(1) On obtient, suivant M. Berzelius, la combinaison FeS^3 si on met une solution de peroxide de fer goutte à goutte dans un hydrosulfate d'un alcali.

(2) Cette raison n'est cependant pas décisive; car nous avons plusieurs combinaisons qui contiennent du protoxide de fer et qui ne sont pas magnétiques, comme, par exemple, le proto-sulfate de fer, et en général les sels artificiels de protoxide de fer.

rait aussi plus vraisemblable, par la couleur et l'affinité du fer, que celui-ci est combiné avec plus d'atomes de soufre que le cuivre. Une combinaison de peroxide de cuivre et de protoxide de fer serait changée en protoxide de cuivre et en peroxide de fer si elle se décomposait. On voit facilement que, dans les deux cas, la quantité de soufre sublimé qu'on obtient quand on chauffe le cuivre pyriteux dans une cornue doit être tout-à-fait la même.

J'ai cru que le fer sulfuré magnétique distinctement lamelleux n'était que du proto-sulfure de fer. M. Stromeyer n'a analysé, je crois, que des variétés compactes. Toutes les sortes lamelleuses de fer sulfuré magnétique que j'ai examinées déposaient cependant du soufre, quoiqu'en petite quantité, si je les dissolvais dans de l'acide hydrochlorique. J'ai analysé le fer sulfuré magnétique de Bodenmais en Bavière, et je l'ai trouvé composé de

Fer,	60,52 ;
Soufre,	38,78 ;
Silice,	0,82.

Ce résultat se rapproche beaucoup plus de la composition du proto-sulfure de fer, 62,77 fer et 37,25 soufre, que celui que M. Stromeyer a trouvé (1).

(1) J'ai vu, lorsque ce Mémoire était déjà écrit, dans les *Annals of Philosophy*, des analyses de deux sortes de cuivre pyriteux par M. Richard Philipps, qui ne sont cependant pas tout-à-fait d'accord avec les miennes.

3. *Sulfure de Bismuth.*

Ce n'est pas toujours du sulfure de bismuth pur qu'on rencontre dans les collections, sous le nom de *wismuthglanz.* Dans la collection royale de Berlin se trouve un minéral avec l'étiquette de wismuthglanz de Deutsch Pilsen en Bohême, qui était auparavant dans la collection de Klaproth, et qui consiste principalement, d'après les essais que j'ai faits au chalumeau, en une combinaison de bismuth telluré et d'argent telluré avec des traces de sélénium et d'antimoine.

J'ai analysé le bismuth sulfuré de Riddarhyttan en Suède, et j'ai trouvé qu'il a la même composition que le sulfure de bismuth artificiel. Le minéral, pulvérisé, a été traité avec de l'acide nitrique, qui le dissout même à froid. Il a été digéré avec l'acide, jusqu'à ce que tout le soufre séparé ait été parfaitement acidifié. J'ai versé alors dans la dissolution du carbonate d'ammoniaque et j'ai rougi l'oxide de bismuth obtenu. J'ai précipité ensuite l'acide sulfurique de la liqueur filtrée par le chlorure de barium, et j'ai calculé la quantité du soufre contenu dans le sulfate de baryte. J'ai ainsi obtenu :

Soufre,	18,72 p.
Bismuth,	80,98
	99,70 ;

ce qui se rapproche beaucoup de la composition du sulfure de bismuth artificiel, qui est de 18,49 de soufre et de 81,51 de bismuth.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 2 février 1824.

M. ROMAIN adresse un Mémoire *sur la Physiologie végétale*; M. Braun, un projet d'aérostat; M. Lamé, un Mémoire *sur l'Impossibilité de l'équation* $x^5 + y^5 = 2^d z^5$ *en nombres entiers.*

M. Poisson présente son Mémoire *sur la Théorie du magnétisme.*

M. Chevallier annonce avoir reconnu l'ammoniaque dans plusieurs oxides de fer naturel. Il se propose de présenter, à ce sujet, un travail détaillé.

La Commission chargée d'examiner dans quelle classe d'usines les grands gazomètres de gaz hydrogène carburé doivent être placés, et les précautions à prendre pour écarter les dangers et les inconvéniens de l'éclairage par le gaz, fait son rapport.

M. Héron de Villefosse, membre de cette Commission, différant, à quelques égards, d'opinion avec ses confrères, lit un Rapport particulier.

L'Académie renvoie la discussion à la séance prochaine.

Séance du lundi 9 février.

On procède à la discussion du Rapport qui avait été lu dans la séance précédente, *concernant l'Eclairage par le gaz.* Après avoir entendu les observations présentées par divers membres, soit de vive voix, soit par écrit, l'Académie décide qu'il sera délibéré séparément

sur les différentes conclusions de la Commission. Ces conclusions sont mises aux voix et adoptées dans l'ordre suivant :

1°. L'Académie adopte les propositions et avis contenus dans le Rapport, et desquels il résulte que si les ateliers où l'on fabrique le gaz sont assujettis aux conditions que la Commission indique, ils ne pourront être réputés dangereux pour les habitations voisines, et que les dangers d'explosion ou d'incendie de ces mêmes ateliers ne sauraient donner lieu à des craintes fondées.

2°. Que les procédés d'extraction ne sont point une cause d'insalubrité, et que, moyennant les diverses précautions mentionnées au Rapport et jugées indispensables, les établissemens dont il s'agit n'occasioneront point d'incommodité qui puisse donner lieu à des réclamations fondées.

3°. L'Académie approuve toutes les précautions détaillées dans le Rapport et aussi celles qui ont été proposées dans le cours de la discussion : son opinion est qu'elles satisferont entièrement aux vues de l'Administration publique.

4°. L'Académie pense, comme la Commission, que les grands établissemens destinés à distribuer au dehors le gaz de l'éclairage provenant de la distillation en vases clos de la houille, des graines oléagineuses, des huiles et des résines, doivent être rangés dans la seconde classe mentionnée en l'Ordonnance royale de janvier 1815; et que les établissemens du même genre qui ne distribuent pas au dehors le gaz produit, mais le consomment pour leur propre usage, peuvent être rangés dans la troisième classe.

5°. En ce qui concerne la distribution et l'emploi du gaz comprimé dans des vases portatifs, l'Académie adopte également les précautions indiquées par la Commission.

Séance du lundi 16 février.

Armand Reynaud annonce la découverte d'un moyen de soustraire l'aiguille aimantée à l'action du fer qui l'entourerait.

M. Tilorier demande qu'il soit fait un rapport sur sa méthode de travailler les miroirs elliptiques et paraboliques.

M. Damoiseau présente un Mémoire *sur les Perturbations du mouvement de la comète de* 1819 *dans les deux périodes qui précèdent son passage au périhélie en* 1825.

M. Arago dépose sur le bureau, de la part du général Brisbane, les observations astronomiques faites à Paramatta, Nouvelle-Hollande, en juin 1823.

La Commission chargée d'examiner l'effet du déboisement sur le climat de la France fait son rapport. Il en résulte que les documens recueillis ne sont pas suffisans et ne peuvent conduire à aucune conclusion certaine.

M. Poisson lit le Mémoire dont on trouve l'extrait plus haut.

M. Geoffroy présente, pour prendre date, un tableau de nomenclature concordante des pièces crâniennes des animaux vertébrés.

La Commission de l'éclairage présente de nouvelles propositions relativement aux gazomètres qui serviraient

simplement de magasins et seraient éloignés des lieux de la fabrication. L'Académie arrête que ces propositions, écrites et accompagnées des motifs, seront mises en délibération dans la prochaine séance.

SUR *les Hauteurs des principaux sommets couverts de neige des monts Himalaya.*

Par le Cap. J. A. HODGSON et le Lieut. J. D. HERBERT.

L'IMPORTANCE des connaissances géographiques étant reconnue, on ne peut nier que la détermination des hauteurs et des positions des sommets de l'Himalaya ne soit une recherche à la fois curieuse et utile; car, à l'aide des latitudes et longitudes de ces sommets, il est facile de fixer avec précision la position géographique de tout point d'où l'on en verra un ou plusieurs. Le gouvernement anglais possède tous les moyens d'observer ces signaux resplendissans et majestueux, dans les 15 degrés en longitude qui sont aujourd'hui soumis à sa domination ou à son influence, depuis les rives de la Settleg à Ludiana, jusqu'au-delà des bords du Burampooter dans le Bengale.

Dans tout cet espace, les sommités de quelques-uns des pics couverts de neige peuvent fréquemment être distingués, par un beau temps, à la distance de 140 milles et au-delà, avec une netteté suffisante pour que l'observateur soit en état de fixer sa *propre position*, au moyen des procédés connus, et de corriger par là les

erreurs des anciennes cartes. Mais jusqu'à présent nous ne connaissons, d'après les mesures du capitaine Webb, celles du lieutenant Herbert et les miennes, les latitudes et les longitudes précises d'aucun des sommets, du côté du S.-E., au-delà de 29° 49′ 43″ en latitude, et 81° environ en longitude. Il serait très-important de déterminer les positions de ceux de ces sommets situés le plus à l'est et qui sont visibles de Patna, Nonghir, Bhagalpur et Rajmal; on peut d'ailleurs y parvenir avec une grande précision, au moyen de leurs *azimuths*, pris aux endroits indiqués, avec leurs différences en latitude, et des différences en longitudes déterminées par de bons chronomètres.

Le capitaine Hodgson donne ensuite, dans son Mémoire original, un aperçu des instrumens dont il fit usage, et de son mode d'observation, ainsi qu'une description détaillée de la méthode employée par le lieutenant Herbert pour mesurer une base très-étendue.

La table suivante contient les résultats généraux des opérations de ces deux officiers, en ce qui concerne les pics couverts de neige.

(*Edinb. philos. Journ.* Traduit par M. Riffault.)

TABLE *des hauteurs des pics couverts de neige des monts Himalaya.*

Lat. nord.	Long. à l'est de Greenwich.	Hauteur en mètres.
30°18′30″	79°45′54″	7172
30 22 19	79 57 22	7848
30 30 42	79 51 35	7107
30 43 33	78 48 35	5186
30 44 01	79 16 05	7145
30 46 08	79 06 01	6450
30 47 36	79 03 11	7029
30 47 55	78 50 10	6074
30 48 55	78 49 52	5953
30 51 04	78 50 37	6687
30 51 27	78 58 58	6947
30 51 38	79 06 41	6949
30 52 29	79 07 30	6905
30 52 46	78 51 26	6636
30 54 37	79 02 47	6516
30 54 53	78 50 02	6694
30 57 12	78 47 33	6186
30 58 18	79 05 40	6824
30 59 25	79 05 35	6981
31 00 00	78 32 37	6375
31 00 11	78 30 39	6133
31 00 30	79 00 57	5694
31 01 21	78 33 32	6448
31 05 49	78 29 37	6299
31 05 52	78 30 03	6299
31 05 55	78 29 15	6249
31 07 40	78 49 28	5729
31 08 21	78 48 53	5898
31 13 51	78 31 13	6455
31 14 13	78 23 55	5938
31 16 04	78 22 25	5947
31 19 45	78 18 19	5804
31 29 22	78 21 44	6526
31 37 20	78 36 10	6519
31 41 18	77 44 06	5729
31 53 17	77 43 52	6919

Analyse d'un Minéral noir de Candie, île de Ceylan.

Par le Dr Gmelin.

(Extrait de l'*Edinb. philos. Journ.* Octobre 1823.)

Ce minéral est très-dur, il raie le cristal de roche; sa couleur est le noir de velours; sa cassure est conchoïde, son éclat vitreux; sa pesanteur spécifique est de 3,617 à la température de 21,5 cent.

Au chalumeau il est infusible sans addition ; réduit en poudre très-fine et mêlé avec le spath, il ne peut être fondu par la plus forte chaleur, il devient seulement vitreux sur les bords. Le sel de phosphore se foud promptement avec lui en un verre translucide verdâtre; le nitre y indique des traces de manganèse; le borax donne également lieu, par la fusion, à une scorie vitreuse de couleur verte, mélangée avec un peu de soude; le minéral pulvérisé se boursouffle en une masse poreuse jaunâtre, mais qu'il est impossible de fondre par une nouvelle addition de soude.

La dureté de ce minéral est telle qu'il ne fallut pas moins de huit heures pour en réduire 1,2 grammes en poudre impalpable dans un mortier d'agate.

Cette poudre, attaquée par le carbonate de soude, et analysée ensuite à l'aide des moyens ordinaires, se trouva composée de :

		Contient d'oxigène.
Alumine	57,200	26,712
Protoxide de fer	20,514	6,219
Magnésie, avec traces de manganèse,	18,240	6,767
Silice	3,154	
Perte	0.892	
	100,000.	

Il paraît que l'alumine contient deux fois autant d'oxigène que la magnésie et l'oxide de fer réunis, et qu'ainsi la composition de ce minéral peut être représentée par MA^2+fA^2.

Je ne pense pas, d'ailleurs, que la silice puisse être regardée comme un de ses ingrédiens essentiels; sa quantité est très-petite, et si l'on fait attention à la dureté de la pierre, on sera porté à en attribuer la majeure partie à l'agate du mortier.

Les échantillons de ce minéral étaient en masses, et l'analyse chimique jointe à ses caractères extérieurs suffit pour le faire considérer comme un *spinel*, et le ranger dans le système minéralogique comme *pléonaste massif*.

Sur *les Nitrières naturelles de Ceylan.*

Un grand nombre d'observateurs s'étant occupés, depuis peu, du mode de production du nitre en Europe, et la question ne paraissant pas encore tout-à-fait résolue, nous avons pensé devoir consigner ici les résultats de l'examen qu'un chimiste habile, M. John Davy, a fait des nitrières naturelles de Ceylan.

Il y a dans cette île vingt-deux cavernes d'où l'on extrait le nitre. Celle de *Memoora* est creusée dans la face verticale d'une montagne de 300 pieds de haut, couronnée de forêts; son entrée, à-peu-près demi-circulaire, a 100 pieds de large et 80 de hauteur; la profondeur totale est d'environ 200 pieds; le fond est étroit et obscur, le sol est rocheux et s'élève rapidement, à partir de l'entrée.

Cette caverne doit être considérée en partie comme naturelle et à moitié comme artificielle. On y travaille depuis cinquante ans, sans interruption, pendant les six mois de la saison sèche. D'après les règles établies, chaque ouvrier dépose annuellement, dans les magasins du Gouvernement, environ un demi-quintal de salpêtre. Quand John Davy visita l'établissement, le nombre de ces ouvriers était seulement de seize.

A Memoora, le nitre imprègne les parois de la caverne. Les ouvriers taillent ces roches avec de petites haches, et réduisent ensuite en poudre les fragmens qu'ils en ont détachés. Cette poudre, mêlée à une quantité égale de cendres de bois, est lavée à plusieurs reprises avec de l'eau froide qu'on recueille dans les vases de terre cuite où on l'a fait évaporer jusqu'à un certain degré. Après cela la solution est mise à part; le sel cristallise; on le retire et on le laisse égoutter. Dans la caverne de Boulatwellegoddé, l'une des plus considérables de Ceylan, M. John Davy trouva une quantité innombrable de chauves-souris : il n'y en avait point du tout, au contraire, dans celle de Memoora.

Ce qui suit est la traduction littérale des réflexions que la vue de ces cavernes a suggérées à l'auteur.

« D'après l'examen des cavernes que j'ai visitées,
» comme aussi d'après celui des échantillons qui m'ont
» été remis, provenant d'autres cavernes que je n'ai point
» vues, je crois qu'elles sont toutes semblables, et que les
» roches dans lesquelles elles sont creusées contiennent
» toujours au moins du carbonate de chaux et du feld-
» spath. La décomposition de celui-ci fournit la base du

» sel, et le carbonate, en exerçant sur l'oxigène et l'azote
» de l'atmosphère une action particulière, mais dont, jus-
» qu'ici, on n'a pas du tout compris la nature, donne
» naissance à l'acide. Pour confirmer cette opinion, je
» remarquerai que je n'ai jamais pu découvrir du sal-
» pêtre, si ce n'est à la surface des corps, là où l'air avait
» accès; que toujours il était accompagné de nitrate
» de chaux ou de magnésie; qu'on n'en trouve point
» sur des roches ne contenant pas de la chaux et du
» feldspath; que la richesse des roches, en général, est
» proportionnelle à l'abondance et au mélange intime
» de ces deux ingrédiens, enfin que mes expériences
» sur une variété d'échantillons de terres salpêtrées de
» l'Inde, dont je suis redevable à M. Brown de Cal-
» cutta, conduisent aux mêmes conclusions. La pré-
» sence simultanée de l'air atmosphérique, de la chaux
» et d'un minéral alcalin, est absolument nécessaire
» à la production du salpêtre; mais il est d'autres cir-
» constances, si mes observations sont exactes, qui la
» favorisent beaucoup : les plus remarquables me parais-
» sent être l'existence d'un peu d'humidité et celle d'une
» petite quantité de matière animale. L'humidité est peut-
» être indispensable, car j'ai trouvé, dans quelques
» cavernes, des places tout-à-fait dépourvues de nitre,
» et dans lesquelles, à part leur grande sécheresse,
» semblaient réunies toutes les conditions propres à la
» production de ce sel. La matière animale paraît, à
» ceux qui ignorent les principes de la chimie, la vé-
» ritable source du salpêtre. Mes compatriotes à Cey-
» lan, persuadés de cette origine du sel, l'attribuent
» généralement aux excrémens des chauves-souris dont

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 2 février 1824.

M. ROMAIN adresse un Mémoire *sur la Physiologie végétale*; M. Braun, un projet d'aérostat; M. Lamé, un Mémoire *sur l'Impossibilité de l'équation* $x^5 + y^5 = 2^d z^5$ *en nombres entiers.*

M. Poisson présente son Mémoire *sur la Théorie du magnétisme.*

M. Chevallier annonce avoir reconnu l'ammoniaque dans plusieurs oxides de fer naturel. Il se propose de présenter, à ce sujet, un travail détaillé.

La Commission chargée d'examiner dans quelle classe d'usines les grands gazomètres de gaz hydrogène carburé doivent être placés, et les précautions à prendre pour écarter les dangers et les inconvéniens de l'éclairage par le gaz, fait son rapport.

M. Héron de Villefosse, membre de cette Commission, différant, à quelques égards, d'opinion avec ses confrères, lit un Rapport particulier.

L'Académie renvoie la discussion à la séance prochaine.

Séance du lundi 9 février.

On procède à la discussion du Rapport qui avait été lu dans la séance précédente, *concernant l'Eclairage par le gaz.* Après avoir entendu les observations présentées par divers membres, soit de vive voix, soit par écrit, l'Académie décide qu'il sera délibéré séparément

sur les différentes conclusions de la Commission. Ces conclusions sont mises aux voix et adoptées dans l'ordre suivant :

1°. L'Académie adopte les propositions et avis contenus dans le Rapport, et desquels il résulte que si les ateliers où l'on fabrique le gaz sont assujettis aux conditions que la Commission indique, ils ne pourront être réputés dangereux pour les habitations voisines, et que les dangers d'explosion ou d'incendie de ces mêmes ateliers ne sauraient donner lieu à des craintes fondées.

2°. Que les procédés d'extraction ne sont point une cause d'insalubrité, et que, moyennant les diverses précautions mentionnées au Rapport et jugées indispensables, les établissemens dont il s'agit n'occasioneront point d'incommodité qui puisse donner lieu à des réclamations fondées.

3°. L'Académie approuve toutes les précautions détaillées dans le Rapport et aussi celles qui ont été proposées dans le cours de la discussion : son opinion est qu'elles satisferont entièrement aux vues de l'Administration publique.

4°. L'Académie pense, comme la Commission, que les grands établissemens destinés à distribuer au dehors le gaz de l'éclairage provenant de la distillation en vases clos de la houille, des graines oléagineuses, des huiles et des résines, doivent être rangés dans la seconde classe mentionnée en l'Ordonnance royale de janvier 1815; et que les établissemens du même genre qui ne distribuent pas au dehors le gaz produit, mais le consomment pour leur propre usage, peuvent être rangés dans la troisième classe.

» que la magnésie du sulfate est fournie par le talc. Ce » sulfate se forme avec le nitre et cristallise avec lui. Il » est soigneusement trié par les ouvriers qui préparent » le salpêtre, et rejeté comme inutile. On pourrait en » recueillir, dans cette caverne de Memoora, une grande » quantité aussi pur que le meilleur sel d'Epsom........ » Je n'ai trouvé le sel commun à l'état solide, dans l'île » de Ceylan, qu'une seule fois : dans la caverne de » Maturatta, où, mêlé avec de la silice et du carbo- » nate de magnésie, il forme une croûte blanchâtre, sur » la face d'une roche composée de dolomie, de feld- » spath et de mica en décomposition. Je ne saurais in- » diquer aucune raison plausible de l'existence de ce » sel dans une localité semblable. »

NOTE *sur le Muriate de chaux employé comme engrais.*

PAR M. LEMAIRE-LISANCOURT.

M. DUBUC, pharmacien et membre de l'Académie royale des Sciences de Rouen, a employé, depuis 1820, 21, 22 et le commencement de 1823, le muriate de chaux parfaitement desséché, ou chlorure de calcium, comme engrais, ou stimulant végétatif, suivant son expression. Ses expériences sont nombreuses : il m'a communiqué tout récemment les principales, dont je vais présenter ici une idée succincte.

On dissout un kilogramme de chlorure de calcium dans soixante litres d'eau; cette dissolution marque deux

simplement de magasins et seraient éloignés des lieux de la fabrication. L'Académie arrête que ces propositions, écrites et accompagnées des motifs, seront mises en délibération dans la prochaine séance.

SUR *les Hauteurs des principaux sommets couverts de neige des monts Himalaya.*

Par le Cap. J. A. HODGSON et le Lieut. J. D. HERBERT.

L'IMPORTANCE des connaissances géographiques étant reconnue, on ne peut nier que la détermination des hauteurs et des positions des sommets de l'Himalaya ne soit une recherche à la fois curieuse et utile; car, à l'aide des latitudes et longitudes de ces sommets, il est facile de fixer avec précision la position géographique de tout point d'où l'on en verra un ou plusieurs. Le gouvernement anglais possède tous les moyens d'observer ces signaux resplendissans et majestueux, dans les 15 degrés en longitude qui sont aujourd'hui soumis à sa domination ou à son influence, depuis les rives de la Settleg à Ludiana, jusqu'au-delà des bords du Burampooter dans le Bengale.

Dans tout cet espace, les sommités de quelques-uns des pics couverts de neige peuvent fréquemment être distingués, par un beau temps, à la distance de 140 milles et au-delà, avec une netteté suffisante pour que l'observateur soit en état de fixer sa *propre position*, au moyen des procédés connus, et de corriger par là les

Enfin, M. Dubuc a mis en expérience des pommes-de-terre dont le volume et le poids étaient sensiblement égaux : il les planta, le 1er mai 1822, dans le même sol et la même exposition, mais dans deux carrés séparés l'un de l'autre par une allée large de 6 pieds. L'un des carrés fut arrosé avec la liqueur végétative, l'autre avec de l'eau de citerne; les premières, récoltées en même temps que les autres, le 10 novembre 1822, offrirent des tubercules de 6 pouces de long, 12 pouces de tour, et pesant près de deux livres; les autres avaient généralement deux fois moins de volume. Ces grosses pommes-de-terre étaient tout aussi nourrissantes que les ordinaires, et elles se sont également bien conservées jusqu'au commencement d'avril. On les arrosa seulement trois fois avec le chlorure de calcium pendant les six ou sept mois qu'elles ont été enfouies, et leur herbe avait également pris beaucoup de développement.

Il paraît qu'en général il suffit d'arroser trois ou quatre fois seulement, à de longs espaces, les végétaux soumis à l'action du chlorure de calcium, dont la faculté électro-organique paraît fort singulière, puisque cette substance, appliquée à l'organisation animale, comme l'a fait observer M. Labarraque, pharmacien de Paris, fait en peu de temps arrêter les progrès de la gangrène, des chancres ou ulcères, et favorise très-promptement la production de bourgeons charnus qui cicatrisent les plaies.

(*Bull. de la Soc. phil.*)

SUR *un Appareil d'une construction particulière, propre à faire des expériences électro-magnétiques.*

PAR W. H. PEPYS.

(*Trans. philos.* 1823. 2me partie.)

L'APPAREIL en question a été exécuté sous ma direction pour le *London Institution.* Il se compose de deux plaques, l'une de cuivre, l'autre de zinc, ayant chacune *cinquante* pieds de long et *deux* pieds de large: l'étendue totale de la surface métallique dans l'appareil est donc de *quatre cents* pieds carrés; les deux plaques sont enroulées autour d'un cylindre de bois. Trois cordes de poil de cheval, interposées à trois hauteurs différentes entre les plaques, les empêchent de se toucher; de petites traverses de bois entaillées, placées çà et là entre les diverses spires les maintiennent dans une position invariable. Deux conducteurs de cuivre, épais d'environ trois quarts de pouce, sont soudés aux extrémités des plaques : c'est de là que l'action émane quand l'appareil est plongé dans un acide.

Afin de pouvoir manier aisément un instrument aussi volumineux, on l'a suspendu à l'une des extrémités d'une corde passant dans la gorge d'une poulie, et on a attaché à l'autre extrémité un poids à-peu-près égal à celui de l'appareil et qui le contre-balance; à l'aide de cette disposition on le plonge sans peine dans un vase d'acide étendu, quand on veut le mettre en expérience : lorsqu'on ne s'en sert pas, on le laisse dans l'eau. Il faut pour l'immerger convenablement 55 galons de

fluide; celui qu'on a employé contenait $\frac{1}{40}$ environ d'acide nitrique.

Si, après avoir plongé l'appareil dans ce liquide, on établit la communication entre les deux conducteurs de cuivre, on trouvera que l'action qui en résulte est tellement forte qu'une aiguille aimantée posée sur une pointe est sensiblement dérangée de sa direction, à cinq pieds de distance du conducteur.

Des cylindres d'acier, placés dans l'intérieur de tubes de verre autour desquels un fil métallique faisant partie du circuit était enroulé en spirale, devinrent si fortement magnétiques qu'ils se supportaient les uns les autres. Quand on plaçait le tube et la spirale verticalement, les cylindres d'acier étaient supportés entièrement par la force attractive : un de ces cylindres pesait 272 grains. En interrompant la communication des deux conducteurs, ce cylindre tombait par sa pesanteur; mais il revenait sur-le-champ à sa première place aussitôt que la communication était rétablie. Le conducteur adapté à la *plaque* de cuivre donnait le pôle nord magnétique; le conducteur soudé à la plaque de zinc, donnait le pôle sud.

Cet appareil, ainsi qu'on pouvait s'y attendre, n'a aucune force comme agent chimique : il ne donne pas même une étincelle avec le charbon. Mais une preuve très-frappante de sa faible intensité, c'est que des feuilles extrêmement minces de métal, placées entre les conducteurs, ne sont pas brûlées, et que de très-petites portoins de fils de même nature ne deviennent pas incandescentes.

Analyse *de deux Météorites.*

Par M. Laugier.

M. Laugier a lu, le 31 mai dernier, à la Section de Pharmacie de l'Académie de Médecine, un Mémoire sur l'analyse de deux pierres et de deux fers météoriques trouvés en Pologne, et adressés par M. Horodecki, professeur à Wilna.

L'auteur, sans entrer dans les détails des analyses réitérées qu'il a faites de ces substances, se borne à exposer le procédé qu'il regarde comme le plus court pour arriver à la détermination exacte de tous les principes que les météorites peuvent offrir.

Les deux météorites qu'il a analysés sont tombés en Pologne, l'un à Lipna, le 30 juin 1820, l'autre à Zaborzyca, en Volhynie, le 30 mars 1818. Ils ne lui ont présenté, quant à leur nature, rien de particulier; ils renferment les principes contenus le plus ordinairement dans les aérolithes, et à-peu-près dans les mêmes proportions, à l'exception du nickel, qui n'y forme que le quart de la quantité existant dans la plupart des aérolithes. On se rappelle que deux de ses Mémoires, lus à l'Académie des Sciences, ont prouvé que les aérolithes pouvaient être entièrement privés de ce métal, et n'en contenir pas moins le chrôme et les autres principes essentiels à leur nature.

Voici le résultat de l'analyse de ces deux aérolithes:

	Météorite de Lipna.	de Zaborzyca.
Oxide de fer............	40	45
Silice..................	34	41
Magnésie................	17	14 90
Soufre..................	6 80	4
Alumine.................	1	» 75
Nickel..................	1 50	1
Chrôme..................	1	» 75
Chaux...................	» 50	2
Traces de cuivre et de manganèse.		
	101 80	109 40.

Le fer météorique trouvé à Brahin en 1809, et dont il a analysé deux variétés, connues sous le nom de *bleuâtre* et de *blanchâtre*, lui a fourni des résultats plus intéressans.

La variété bleuâtre surtout lui a offert la plus grande conformité avec le fer météorique de Sibérie, auquel les deux variétés de Brahin ressemblent beaucoup par leurs caractères physiques ; elles sont, comme lui, remplies de cavités, revêtues intérieurement d'une substance jaune-verdâtre, comme vitreuse, qui s'en détache facilement, et que les naturalistes ont considérée comme de l'olivine ou du péridot.

Dans un Mémoire lu à l'Académie des Sciences en 1817, et intitulé : *Expériences propres à confirmer l'opinion émise par des naturalistes sur l'identité d'origine entre le fer natif de Sibérie et les aérolithes*, l'auteur avait annoncé pour la première fois la présence, dans ce fer, du soufre, du chrôme, de la silice et de la magnésie. Il desirait trouver une occasion de vérifier ces

faits : le fer météorique de Brahin la lui a fournie, et il l'a saisie avec empressement; il a retrouvé, surtout dans la variété bleuâtre, tous les principes qu'il avait signalés dans le fer météorique de Sibérie.

On peut en juger d'après les résultats suivans, obtenus par l'analyse des deux variétés du fer météorique de Brahin.

	Variété bleuâtre.	Variété blanche.
Fer pur......	87,35	91,50
Silice........	6,30	3, »
Nickel........	2,50	1,50
Magnésie....	2,10	2, »
Soufre........	1,85	1, »
Chrôme......	» 50	traces seulement.
	100,60	99, »

(*Bull. de la Soc. phil.*)

Note *de M.* Poisson *sur son Mémoire relatif à la Théorie du magnétisme* (1).

En réfléchissant de nouveau sur cette théorie, j'ai vu qu'on pouvait la considérer sous un point de vue plus général que je ne l'ai fait d'abord, et qui permet encore d'y appliquer l'analyse mathématique. On peut supposer que les élémens magnétiques ne sont point en contact, et regarder un corps aimanté comme un assemblage de parcelles extrêmement petites et de forme quelconque, où résident les deux fluides, et qui sont

(1) Page 113 de ce Cahier.

RS.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.	DU CIEL à midi.	à midi.
1	759,52	− 0,5	93	759,15	+ 2,8	78	758,77	+ 3,8	77	758,93	+ 0,5	85	+ 3,8	− 2,0	Légers nuages.	S. E.
2	760,28	− 1,1	91	760,65	+ 2,2	82	760,35	+ 4,4	77	761,57	+ 2,0	90	+ 4,4	− 3,0	Nuageux, brouill.	E.
3	763,65	− 0,9	91	762,37	+ 1,4	87	761,08	+ 2,2	86	760,90	− 2,2	99	+ 2,2	− 2,8	Beau, brouillard.	E.
4	756,40	+ 1,2	99	755,57	+ 2,5	96	754,80	+ 3,5	98	755,00	+ 3,0	100	+ 3,5	+ 0,9	Pluie fine.	S. S. O.
5	756,20	+ 5,5	100	756,60	+ 8,1	98	756,87	+ 8,1	94	758,35	+ 5,2	98	+ 8,1	+ 3,7	Nuageux, brouill.	O. S. O.
6	759,90	+ 5,9	99	761,57	+ 8,2	79	762,23	+ 7,6	71	765,06	+ 2,1	94	+ 8,3	+ 2,1	Nuageux.	N. O.
7	768,16	+ 2,4	99	768,27	+ 6,7	90	767,36	+ 8,5	88	768,23	+ 4,5	98	+ 8,5	+ 0,5	Couvert, brouillard.	S.
8	769,03	+ 3,8	98	769,23	+ 9,5	91	768,80	+ 11,2	88	769,76	+ 4,4	99	+ 11,2	+ 1,8	Couvert, brouillard.	S.
9	771,30	+ 6,2	100	771,47	+ 8,5	98	771,00	+ 8,0	93	772,10	+ 5,5	99	+ 8,5	+ 4,7	Couvert, brouillard.	S. O. faible.
10	771,10	+ 7,0	100	770,56	+ 8,2	99	768,72	+ 8,6	99	767,47	+ 7,1	99	+ 8,6	+ 6,2	Pluie fine, brouill.	O. faible.
11	766,97	+ 8,9	99	766,60	+ 10,2	86	765,62	+ 9,5	76	766,50	+ 3,8	89	+ 10,3	+ 3,8	Très-nuageux.	O. N. O.
12	763,26	+ 2,4	96	761,73	+ 4,4	89	757,80	+ 7,2	89	751,90	+ 5,7	99	+ 7,3	− 0,3	Couvert.	S. O.
13	745,05	+ 6,8	96	742,98	+ 8,0	86	739,40	+ 8,0	90	731,55	+ 6,2	98	+ 8,3	+ 5,3	Couvert.	S. S. O.
14	734,35	+ 2,6	99	734,28	+ 6,1	90	734,20	+ 6,5	84	736,10	+ 4,0	96	+ 6,5	+ 0,6	Couvert, brouillard.	S. E.
15	741,62	+ 5,6	99	742,60	+ 8,2	88	743,02	+ 6,7	92	744,52	+ 5,0	94	+ 8,3	+ 3,8	Couvert, brouillard	S. E.
16	745,34	+ 4,0	99	745,60	+ 4,2	97	745,08	+ 5,2	91	744,73	+ 3,8	97	+ 5,4	+ 3,5	Pluie fine, brouill.	N. O.
17	743,60	+ 1,0	99	743,50	+ 3,8	95	742,55	+ 4,8	91	741,86	+ 3,8	98	+ 4,8	+ 0,3	Couvert, brouillard.	S. O.
18	743,56	+ 4,4	93	744,45	+ 8,8	88	743,93	+ 11,5	84	745,06	+ 6,2	85	+ 11,5	+ 1,8	Légers nuages.	S.
19	742,64	+ 6,2	80	742,14	+ 10,2	74	741,35	+ 10,6	75	740,85	+ 7,6	96	+ 10,6	+ 4,1	Couvert brouillard.	S. E.
20	744,86	+ 5,8	99	747,22	+ 8,2	92	748,34	+ 10,4	83	750,78	+ 3,5	98	+ 10,4	+ 3,5	Couvert; brouillard.	O. N. O.
21	753,00	+ 3,5	98	752,75	+ 9,7	84	752,33	+ 10,8	82	753,00	+ 7,5	99	+ 10,8	+ 2,2	Trouble; brouillard.	S. E.
22	754,97	+ 8,0	99	755,22	+ 11,5	91	754,42	+ 12,0	90	755,13	+ 9,1	94	+ 12,0	+ 6,2	Couvert, brouillard.	E.
23	756,40	+ 8,0	99	756,45	+ 9,8	99	755,71	+ 11,5	97	755,78	+ 8,5	97	+ 11,5	+ 8,0	Pluie, brouillard.	S.
24	755,25	+ 4,4	94	754,35	+ 7,9	86	753,25	+ 9,5	79	751,75	+ 6,0	91	+ 9,5	+ 3,8	Beau, br. à l'horiz.	E. S. E.
25	749,80	+ 3,9	98	749,34	+ 7,9	92	748,74	+ 9,6	89	748,86	+ 6,5	95	+ 9,6	+ 2,5	Trouble, brouillard.	N. E.
26	748,90	+ 0,6	99	748,62	+ 1,1	99	748,03	+ 1,2	98	747,65	+ 1,5	97	+ 1,5	+ 0,5	Pluie fine, brouill.	N.
27	747,32	+ 2,8	99	747,96	+ 6,0	90	748,23	+ 7,2	87	750,77	+ 4,2	87	+ 7,3	+ 1,8	Couvert, brouillard.	O. N. O.
28	754,03	+ 4,5	92	754,36	+ 9,2	84	754,06	+ 7,4	82	754,87	+ 1,5	99	+ 9,3	+ 1,5	Nuageux, brouill.	N.
29	753,70	+ 3,6	99	753,60	+ 6,0	92	752,94	+ 7,2	91	752,78	+ 5,6	97	+ 7,3	+ 2,2	Couvert, brouillard.	N. E.
1	763,55	+ 2,9	97	763,54	+ 5,8	90	761,00	+ 6,6	87	763,74	+ 3,2	96	+ 6,7	+ 1,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	747,16	+ 4,8	96	747,11	+ 7,2	88	746,13	+ 8,0	86	745,29	+ 5,0	95	+ 8,3	+ 2,6	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 4,095
3	752,59	+ 4,4	97	752,96	+ 7,7	91	751,96	+ 8,5	88	752,29	+ 5,6	95	+ 8,7	+ 3,2	Moyenn. du 21 au 29.	Terrasse, 3,630
	754,45	+ 4,0	97	754,45	+ 6,9	90	753,75	+ 7,7	87	753,86	+ 4,6	95	+ 7,9	+ 2,4	Moyennes du mois,	+ 5°,1.

SUITE

Du Mémoire sur les Vibrations des corps solides, considérées en général.

PAR Mr FELIX SAVART.

SECTION DEUXIÈME.

§ I. Tous les corps qui sont le siége de l'espèce de mouvement appelé *longitudinal* présentent, pour chacune de leurs faces, des dispositions de lignes nodales qui sont différentes, et qui le plus ordinairement sont arrangées de telle sorte que, s'il s'agit, par exemple, d'une verge étroite, les lignes d'une des faces correspondent à-peu-près au milieu de l'intervalle qui existe entre deux lignes de la face opposée, et qu'elles sont rectilignes et perpendiculaires aux arètes de la lame; mais à moins que ces lignes, où le sable se réunit, ne soient bornées à la surface elle-même, elles doivent s'étendre à la tranche de la lame où sans doute on pourra les observer : en effet, l'expérience montre que les tranches d'une verge présentent des lignes de repos qui ont une certaine connexion avec celles de chacune des faces, et qui sont disposées d'une manière analogue, quoique différente dans chaque moitié de la longueur des verges. Avant de faire l'exposé de cette expérience sur les verges, je vais d'abord examiner le mode de mouvement tangentiel longitudinal dans des cylindres solides et rigides, ainsi que dans des tubes, parce qu'il est plus facile d'observer la disposition des lignes nodales sur

tous les points du contour de ces corps que sur des lames minces, et même que sur des lames dont l'épaisseur est assez considérable.

Des cylindres de verre, environ d'un mètre de longueur, suffisent pour étudier ce genre de mouvement; néanmoins il est préférable d'en employer de plus longs : par exemple, des tubes de verre de deux mètres présentent le phénomène avec beaucoup de netteté; l'ébranlement se produit aisément au moyen d'un morceau de drap mouillé qu'on promène le long de l'une des moitiés de la longueur du cylindre, tandis qu'on le tient, dans une direction horizontale, entre deux doigts posés au milieu de sa longueur même. Je remarquerai qu'il est nécessaire que le drap soit très-mouillé, afin que le son se produise sans qu'il faille exercer une pression trop forte.

Pour reconnaître la position des lignes nodales, il n'est pas possible, dans ce cas, de faire usage du sable; mais, puisque le sable indique les vibrations tangentielles longitudinales des corps solides aussi facilement que leurs vibrations normales, il était tout simple de penser que tous les moyens employés pour indiquer les vibrations normales conviendraient aussi pour indiquer celles qui sont tangentielles; par exemple, que de petits chevalets de papier analogues à ceux dont Sauveur s'est servi pour reconnaître les divisions harmoniques des vibrations des cordes, pourraient également servir pour indiquer la position des lignes nodales lors des vibrations tangentielles d'un cylindre. En effet, ce moyen réussit très-bien, et l'on peut même dire qu'il convient

encore mieux pour l'indication des vibrations tangentielles que pour l'indication des vibrations normales.

Lorsqu'on a disposé un certain nombre de petits chevalets le long d'un cylindre et qu'il vient à entrer en mouvement, ces petits curseurs glissent rapidement le long de l'arête sur laquelle ils reposent, et ils s'arrangent pour indiquer les points qui sont en repos ; mais néanmoins ce moyen ne convient pas dans tous les cas : on ne peut s'en servir que pour les cylindres dont le diamètre est extrêmement petit, par exemple, pour les cordes, pour les fils métalliques tendus par leurs extrémités ; car, sans cela, les chevalets, formés de deux branches qui laissent entr'elles un angle plus ou moins ouvert, ne toucheraient pas le cylindre par le point où se réunissent les deux branches ; il en résulterait un point de contact exercé par chacune d'elles en particulier, d'où il arriverait que si la nature du mouvement n'était pas la même en ces deux points, ce mouvement serait mal indiqué ; il faut donc, dans le plus grand nombre des cas, modifier ce procédé, afin d'en obtenir des indications précises et exemptes de doute. Le moyen le plus simple, c'est de former avec du papier un tuyau cylindrique dont le diamètre soit trois ou quatre fois plus grand que celui des cylindres de verre ; on coupe ensuite ce tuyau circulairement de manière à en former des anneaux légers qu'on dispose le long du cylindre : ce procédé est très avantageux en ce que ces petits curseurs ne touchent jamais qu'une seule arête du corps qu'on veut examiner. Lorsque le diamètre du cylindre et sa longueur sont considérables, les anneaux de papier peuvent avoir un diamètre cinq ou six fois plus grand

que le sien, sans que l'excès de poids qui en résulte soit nuisible; il faut seulement avoir soin que la petite bande de papier qui forme l'anneau soit, dans tous les cas, très-étroite.

Maintenant, je suppose qu'on prenne un cylindre libre par ses deux extrémités, et qu'on le fasse vibrer de manière à en tirer le son le plus grave qu'il puisse donner; les anneaux qu'on y aura placés de distance en distance prendront un certain arrangement qui se reproduira toujours le même s'ils reposent constamment sur la même arête. Si l'on marque cette arête, et qu'on retourne le cylindre de manière à avoir en haut l'arête diamètralement opposée à la précédente, les anneaux qui, pendant le retournement, n'ont pas changé de position, en changent aussitôt et vont en occuper une autre. En général, les nœuds de la première arête observée correspondent à-peu-près au milieu de l'intervalle qui existe entre deux points de repos de l'arête opposée, et cela quelle que soit l'arête qu'on choisisse pour la première observation. Ceci est constant pour les cylindres pleins et pour les cylindres creux dont on n'examine que la surface extérieure. Il résulte de cette expérience que vraisemblablement les lignes nodales sont disposées comme en hélice autour des cylindres; et en effet l'expérience montre avec évidence que c'est effectivement là la disposition qu'elles affectent: par exemple, soit AB, fig. 81, un cylindre portant un petit anneau de papier ab reposant quelque part entre n_1 et N_1, espace qui, dans le mode de mouvement actuel, est immobile; mais supposons-le placé plus près de n_1 que de N_1; et, pour rendre

l'explication plus intelligible, numérotons les quatre arêtes du cylindre qui partagent sa circonférence en quatre secteurs égaux : le point n_1 sera donc un point immobile de l'arête numérotée 1; ce point étant marqué, par exemple, avec de l'encre sur le cylindre même, je suppose qu'on fasse tourner celui-ci entre les doigts dans le sens de la flèche qui est placée au-dessus de la figure, de sorte que l'arête n° 2 devienne supérieure, le petit anneau glissera d'abord au point n_2, et si l'on tourne le cylindre successivement dans des positions intermédiaires aux deux précédentes, le petit curseur s'arrêtera aussi dans des points intermédiaires à n_1 n_2, de manière qu'on pourra tracer toutes ces positions avec de l'encre; ensuite si l'on continue à tourner dans le même sens jusqu'à ce que l'arête n° 3 soit supérieure, l'anneau s'arrêtera au point n_3; et quand l'arête n° 4 sera arrivée en haut à son tour, il s'arrêtera au point n_4; enfin, quand l'arête n° 1 sera redevênue supérieure, il s'arrêtera au point n'_1 et la ligne continue qui rampe autour du cylindre en s'avançant vers son extrémité aura fait un tour entier. Si l'on continue à tourner le cylindre, on pourra examiner un second pas plus voisin de l'extrémité, et en tournant toujours on amènera l'anneau jusqu'au bout même de la ligne de repos et du cylindre, et il tombera au dehors. Mais quand l'anneau est arrivé tout près de l'extrémité, si l'on tourne le cylindre dans le sens contraire à celui dans lequel on le tournait d'abord, alors le curseur, au lieu d'être versé au dehors, sera ramené au milieu de la longueur, point d'où il était d'abord parti.

Pour bien concevoir cette expérience, supposons que

nous ayons reconnu et tracé la marche de la ligne de repos autour du cylindre ; quand l'arète n° 1 est supérieure et l'anneau arrêté au point n_1, lorsqu'on tourne d'une petite quantité dans le sens de la flèche, l'anneau ne se trouve plus sur la ligne nodale ; mais comme il en est très-près, il y est ramené aussitôt ; si l'on tourne de nouveau d'une petite quantité, il se trouve encore un peu distant de la ligne immobile, et il y est encore ramené, ainsi de suite jusqu'à ce qu'il arrive à l'extrémité. Au contraire, quand le curseur est arrivé près de l'extrémité, si l'on tourne le cylindre dans le sens opposé à celui dans lequel on le tournait d'abord, alors la ligne de repos se trouvant plus près du milieu de la longueur du cylindre que le curseur, celui-ci se rapproche de la ligne et par conséquent du milieu de la longueur, et à mesure qu'on tourne, il s'en rapproche toujours de plus en plus, jusqu'à ce qu'il soit arrivé à-peu-près vers le point d'où il était d'abord parti.

Par ce procédé expérimental, si l'on examine avec soin la disposition des points immobiles dans toute la longueur d'un cylindre, on trouve, pour le son le plus grave, que dans les deux moitiés de la longueur, l'espèce d'hélice nodale qu'ils forment par leur réunion n'est pas continue, mais qu'il existe deux hélices qui partent des points N_1 n_1, et qui de là marchent vers les extrémités, avec cette circonstance remarquable qu'elles tournent en sens contraire l'une de l'autre. Vers le milieu de la longueur du cylindre il existe entre N_1 n_1 une certaine étendue linéaire dans laquelle les particules semblent être indifférentes au mouvement dont le reste

du corps est le siége; de là les excursions des parties vibrantes deviennent de plus en plus fortes jusqu'à l'extrémité. On peut constater cette dernière circonstance de deux manières différentes; d'abord, à mesure que le petit anneau approche plus de l'extrémité, il est entraîné avec plus de vivacité; ensuite, si l'on incline le cylindre de manière que l'anneau soit entraîné contre l'action de sa propre pesanteur, on observe que l'inclinaison peut être d'autant plus grande que le curseur se rapproche plus de l'extrémité.

Les cylindres creux présentent aussi cette disposition de lignes nodales arrangées comme en hélice; leur surface extérieure se comporte exactement comme dans les cylindres pleins; mais, de plus, leur surface interne est le siége d'un mouvement qui est en tout analogue à celui de l'externe; on y observe aussi une ligne nodale continue, qui marche dans le même sens, et qui passe par les mêmes degrés d'inclinaison relativement à l'axe; il y a seulement cette remarque importante à faire, que la ligne interne ne part pas d'un point correspondant à celui où commence l'externe, mais qu'elle part justement du point diamétralement opposé; d'où il suit que si l'on prend une arête externe quelconque, et sa correspondante interne, les points immobiles y sont contrairement disposés; c'est-à-dire, que ceux d'une arête correspondent au milieu de l'intervalle qui existe entre deux points immobiles de l'autre arête.

Pour examiner ce mode de mouvement, il suffit d'employer des tubes de un ou deux centimètres de diamètre, de un à deux mètres de longueur, et d'y introduire une petite quantité de sable qu'il faut avoir le soin de ne

pas choisir trop fin, pour qu'il n'adhère pas à la surface sur laquelle il est destiné à glisser. Au lieu de sable on peut même prendre une seule petite sphère d'ivoire, de marbre ou de cire d'Espagne; les excursions des parties vibrantes, surtout dans un tube de deux mètres de longueur, sont tellement fortes qu'elles peuvent entraîner des corps assez lourds, et même contre l'action de la pesanteur, ce qui arrive quand on incline le tube en élevant celle de ses extrémités vers laquelle tendent à se diriger le sable ou les autres corps qu'on lui substitue. Il est inutile de remarquer qu'il faut apporter quelque soin dans le choix des tubes afin de les avoir exempts de ces petites nodosités qu'on y rencontre si souvent, ainsi que des petites félures qui se trouvent quelquefois vers les extrémités, et qui suffisent pour empêcher la régularité des vibrations; il faut aussi faire choix de tubes qui soient bien cylindriques, tant intérieurement qu'extérieurement. En même temps qu'on examine avec du sable ce qui se passe à l'intérieur d'un tube, l'on peut aussi examiner ce qui se passe à l'extérieur, en se servant d'un anneau de papier : alors on voit que l'arête supérieure externe AB, fig. 82, a le même mouvement que l'arête interne inférieure EF, et que l'arête interne CD a le même mode de mouvement que l'arête GH, ainsi que l'indiquent les lettres n.... N.... n_1.... N_1.... etc., de la figure; de sorte que, une fois ce fait-là bien constaté par l'expérience, on peut étudier les mouvemens de la surface externe du tube en n'examinant que ce qui se passe à l'intérieur, puisque l'arête EF donne les mêmes résultats que l'arête AB : cette circonstance est importante en ce que

les mouvemens du sable introduit dans le tube, ou ceux de la sphère qu'on lui substitue, offrent des particularités remarquables qui sont propres à montrer la direction qu'affecte la ligne nodale continue dans les différens points de la longueur du tube; car l'inclinaison qu'elle fait avec l'axe ne reste pas constamment la même : par exemple, je suppose que la figure 83 représente la face interne d'un tube de verre, et qu'on ait amené le sable sur la ligne immobile $N_3 n_3$, l'arête 3 étant inférieure, si l'on tourne le tube dans le sens 1, 4, 3, 2, de manière à examiner une arête intermédiaire entre 3 et 4, le sable qui formait la ligne $N_3 n_3$ se partage en deux parties qui marchent, par exemple, vers les points $\nu\nu'$, et il s'y rassemble en prenant un arrangement qui indique le peu d'obliquité de la ligne nodale en cet endroit : jusqu'à peu de distance des points N_4 n_4 il se dispose à-peu-près de même en se réunissant en une petite masse; mais quand il est arrivé sur ces points eux-mêmes, il s'étend en une ligne allongée et légèrement oblique $N_4 n_4$ qui se trouve placée entre deux parties animées de mouvemens contraires dans le sens de la longueur du tube; et il en résulte que tous les grains de sable qui forment cette ligne sont animés d'un mouvement de transport qui leur fait décrire une ellipse. Je suppose que la figure 84 représente la partie du tube qui est tournée en bas lorsque c'est l'arête 4 qui est inférieure, le sable se dispose comme en N_4, et tous ses grains décrivent des ellipses autour du point *c*. Il est à remarquer que pour la ligne N_4, fig. 83, si le mouvement de rotation des grains de sable se fait de droite à gauche, pour la

ligne n_4 il se fait de gauche à droite. Quand on substitue au sable une petite sphère, par exemple, de cire, qu'on place quelque part sur le trajet de la ligne N_4 ou de la ligne n_4, on observe que sur toute l'étendue de ces lignes elle a un mouvement de rotation autour de celui de ses diamètres qui est actuellement vertical, et que si en N_4 ce mouvement se fait de droite à gauche, en n_4 il se fait de gauche à droite. Ensuite quand le sable occupe des positions successivement intermédiaires entre N_4 et N_1, entre n_4 et n_1, il conserve son mouvement de rotation, en occupant toutefois un espace qui est d'autant moindre qu'on examine des points plus rapprochés de N_1 dans l'une des moitiés de la longueur du tube, ou de n_1 dans l'autre moitié; enfin dans ces points mêmes il se concentre en une petite masse arrondie et mamelonnée qui cesse d'être animée du mouvement de rotation. Quand le sable est arrivé là il a parcouru un demi-pas de l'espèce d'hélice que décrit la ligne nodale; mais la petite masse arrondie sous laquelle il se présentait commence à se déformer, redevient elliptique, et reprend son mouvement de rotation lorsqu'on continue à tourner le tube dans le sens 1, 4, 3, 2, elle s'allonge beaucoup en N_2 et en n_2, puis elle s'arrondit de nouveau vers N'_3 et n'_3, où, de nouveau, elle ne présente plus aucun mouvement de rotation; là la ligne de repos, qu'à l'avenir j'appellerai hélice nodale, pour abréger, a fait un tour entier. L'on peut, en continuant à tourner le tube toujours dans le même sens, examiner un nouveau pas, et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité; les phénomènes se reproduisent toujours dans le même ordre.

La disposition affectée par la petite masse de sable, selon qu'elle repose sur le point N'_3, par exemple, ou sur le point N_4, indique, à n'en pas douter, que les particules qui composent le tube se meuvent dans des lignes parallèles entre elles et aux arêtes du tube. Au point N'_3 la ligne nodale paraît être rectangulaire à l'axe du tube; alors le sable pris entre des forces opposées et égales reste en repos; mais je suppose que la ligne s'incline fortement à l'axe, comme en N_4, figure 85, ou même qu'elle soit parallèle à l'axe et qu'on amène une petite sphère au point c, elle se trouvera prise entre des forces dont les actions s'exerceront en sens contraire, mais qui ne seront pas opposées; elle devra donc tourner sur elle-même comme un corps qu'on roule entre les doigts. Si au lieu d'une seule sphère nous en supposons plusieurs placées sur la ligne N_4, il en sera de même pour chacune d'elles; et si l'on en considère une en dehors de la ligne, par exemple, en S, elle y sera ramenée dans le sens du mouvement qui aura lieu du côté où elle reposera; mais de plus il pourra arriver qu'en vertu de la vitesse qu'elle aura acquise, elle soit transportée, par exemple, en S', puis de là entraînée jusqu'en S'' en sens opposé, de là en S''', puis de nouveau en S, ainsi de suite; et si un grand nombre de petites sphères ou de grains de sable sont entraînés à se mouvoir ainsi simultanément, ils devront avoir une certaine action les uns sur les autres, d'où l'on conçoit que pourra résulter la disposition dont il s'agit.

En général, l'hélice nodale tourne dans le même sens sur chacune des moitiés de la longueur du tube ou du

cylindre (car ces observations ne se rapportent pas seulement aux tubes; ils fournissent seulement un moyen facile de faire les expériences), et pour chaque moitié elle tourne en sens contraire : néanmoins on observe quelquefois, qu'arrivée à quelque distance de l'extrémité elle tourne dans un sens opposé à celui qu'elle avait suivi jusque là; mais alors un changement pareil s'effectue dans les deux moitiés du cylindre, de sorte que le sens de l'hélice reste toujours contraire pour chacune d'elles. Il est une autre remarque à faire, c'est que les pas de l'hélice augmentent de longueur à mesure qu'on les considère plus près de chaque extrémité du tube ou du cylindre : nous allons voir que la même disposition s'observe également dans les verges prismatiques.

Pour se faire une idée juste de la distribution des deux lignes continues qui existent tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des tubes, et des rapports que ces lignes ont entre elles pour la position, l'on peut regarder la fig. 83 comme indiquant la face interne d'un tube dont la fig. 81 représenterait la face externe. En comparant la disposition des lignes de repos dans les deux figures, l'on voit que dans chaque moitié de la longueur du cylindre, l'interne et l'externe tournent dans le même sens, quoiqu'elles partent de points diamétralement opposés.

Au lieu de faire produire au cylindre plein ou creux le son le plus grave qu'il soit susceptible de rendre, si on lui fait produire le son qui est l'octave aigu de celui que donnait le mode de mouvement que nous ve-

nons d'examiner, on observe que les lignes nodales y sont encore continues et disposées comme en hélice, avec cette circonstance importante que la ligne tourne toujours en sens contraire dans les parties qui avoisinent les points qu'on rend immobiles en les touchant. Par exemple, je suppose que *L L'*, fig. 86, soit un cylindre de verre libre par ses deux extrémités et vibrant de manière à rendre le son 2, l'on pourra toucher les points *N N'* sans que le son soit altéré; la disposition de l'hélice nodale sera telle que depuis *N* jusqu'en *N'*, elle tournera, par exemple, de gauche à droite, tandis que dans les deux parties *N L*, *N'*, *L'*, elle tournera de droite à gauche.

Il est à remarquer que le point *N*, où le sens de l'hélice prend une autre direction, est situé sur l'arête diamétralement opposée à celle où se trouve placé le point *N'*, où se fait aussi un changement dans la direction de l'hélice nodale.

Du reste, on observe aussi pour le son 2 que la ligne nodale, en tournant autour du cylindre, ne forme pas toujours avec son axe un angle constant; la fig. 86 représente la marche de l'hélice nodale observée avec soin sur un tube de deux mètres qui rendait le son 2. En comparant cette figure à la fig. 81, on peut voir que la marche de cette ligne est analogue dans les deux cas.

Quoiqu'il soit assez difficile d'obtenir le son 3, de manière à examiner facilement les mouvemens du sable ou des petits anneaux, néanmoins, en choisissant des tubes longs et minces, on peut observer que pour ce

son, de même que pour les précédens, les lignes de repos tournent en rampant autour des cylindres, et que le sens suivant lequel elles tournent est toujours contraire dans les parties qui sont contiguës à l'un des points qu'il faut toucher pour pouvoir tirer le son. Il en est de même pour le son 4, qu'on parvient encore à tirer quand on a quelqu'habitude de faire ces expériences. Sans doute qu'on obtiendrait des résultats analogues si l'on pouvait obtenir des sons plus élevés. J'ai indiqué figure 87 le sens de la ligne nodale, tel qu'on l'observe pour les quatre premiers sons qu'on peut tirer d'un cylindre qui est libre par ses deux extrémités.

Ainsi il paraîtrait que les nœuds que M. Chladni a reconnus dans les verges qui vibrent longitudinalement dépendent de ces changemens de sens dans la marche de la ligne immobile. Comme on avait comparé ces nœuds, qu'on peut toucher sans arrêter le son, à ceux des colonnes d'air, sur lesquels on n'a aucune donnée positive, on pourrait se demander, au contraire, si dans l'air les lignes nodales ne sont pas distribuées comme dans les verges solides (1).

Après avoir examiné la disposition des lignes nodales dans les verges cylindriques et libres par leurs deux extrémités, il faudrait pouvoir répéter les mêmes

---

(1) Dans un travail présenté à l'Académie des Sciences postérieurement à celui-ci, et inséré dans le Cahier de septembre 1823, j'ai fait voir qu'en effet de grandes masses d'air mises en vibration présentaient cette même disposition de lignes nodales, suivies sur les parois des galeries où se faisait

expériences sur des verges prismatiques; mais ici les difficultés augmentent, vu qu'il faut agir sur des corps dont les dimensions sont considérables, et qu'en conséquence il devient très-difficile de les ébranler : par exemple, j'ai pris un barreau de fer d'environ deux centimètres carrés, d'un mètre de longueur, et après l'avoir recouvert de sable sur une de ses faces, tandis que je le tenais entre deux doigts par le milieu de sa longueur, dans une direction horizontale, je lui ai imprimé un mouvement longitudinal en frappant l'une de ses extrémités avec un petit marteau; alors j'ai observé que deux de ses faces qui étaient opposées l'une à l'autre présentaient constamment une série de lignes nodales, droites et perpendiculaires aux arêtes latérales du barreau, et contrairement disposées sur chacune de ses deux faces, tandis que les deux autres faces, que j'appellerai les *tranches*, pour les distinguer, ne présentaient que des lignes nodales qui, au premier coup-d'œil, ne paraissaient avoir aucune liaison avec celles des faces; mais cependant lorsque l'ébranlement était faible, on remarquait que près des arêtes le sable semblait vouloir marquer des lignes dont l'une des extrémités touchait à l'un des nœuds d'une des faces, et dont l'autre extrémité, peu distante de l'arête, se rapprochait toujours plus de la première à mesure que l'ébranlement était continué

---

l'expérience; et de plus, que la masse entière de l'air présentait des surfaces nodales rampantes, dont les lignes observées sur les parois de la galerie n'étaient que la terminaison; de sorte que, d'après cela, on peut raisonnablement présumer qu'il existe de pareilles surfaces dans les corps solides.

plus long-temps; et enfin cette apparence de ligne nodale finissait par disparaître presque complètement quand l'ébranlement devenait fort. Il paraîtrait, d'ap cette expérience, que la ligne nodale continue n'est pa du tout inclinée à l'axe de la verge sur une de ses faces, et forme ensuite avec cet axe un angle très-aigu, de sorte qu'elle s'étend le long de la tranche, très-près de l'arête, et qu'ensuite arrivée à une certaine distance elle s cline tout d'un coup pour aller former sur l'autre fa.e une nouvelle ligne non-inclinée à l'axe, et ainsi de suite. J'ai représenté cette disposition dans la fig. 88 : *L L'* est une verge parallélipipédique, dont *NN*... représentent les lignes nodales d'une des faces, tandis que *nn*... représentent celles de la face opposée : comme on le voit, ces lignes sont réunies l'une à l'autre par des lignes contournées que l'expérience ne donnait pas si régulièrement, mais dont on observait souvent des traces qui ne laissaient aucun doute sur la véritable marche de la ligne de repos. Mais on peut faire cette expérience d'une manière plus satisfaisante en se contentant de n'ébranler la verge que secondairement : c'est ce que j'ai tenté de faire sur une verge de bois d'un mètre de longueur et d'environ trois centimètres carrés, à l'une des extrémités de laquelle j'avais fixé un petit cylindre de verre d'environ cinq millimètres de diamètre et de quatre à cinq décimètres de longueur. Comme il faut que les deux corps soient unis très-intimement, il est nécessaire d'enfoncer la verge de verre dans celle de bois : pour cela on perce, sur la petite face carrée qui forme l'une des extrémités de cette dernière verge, un petit trou d'un ou deux centimètres de profondeur; on y introduit ensuite de la

cire à cacheter, puis, après avoir fait chauffer le cylindre de verre, on l'enfonce dans le trou pratiqué pour le recevoir; la cire se fond et elle adhère fortement aux deux corps. Lorsqu'on ébranle la verge cylindrique, il se produit un son très-fort, qui peut être le son du système des deux corps ou seulement celui du corps ébranlé directement, ce qui dépend de la vitesse plus ou moins grande avec laquelle on promène le morceau de drap mouillé, et du degré de pression qu'on exerce en frottant : lorsque la friction est faite lentement et légèrement, c'est le son du système qu'on obtient : dans les deux cas, si l'on verse du sable successivement sur toutes les faces de la verge de bois, on observe qu'il en est deux où le sable forme des lignes droites perpendiculaires aux arêtes latérales, et que les faces où cela a lieu sont opposées l'une à l'autre (bien entendu que les lignes nodales y sont contrairement distribuées) : ensuite on observe que sur les deux autres faces ou tranches il se forme des lignes contournées qui vont aboutir aux lignes des faces : dans certains cas, la série de ces lignes paraît être continue, comme dans la fig. 88. Je dis paraît être, car il arrive presque toujours que, dans les endroits où la ligne est peu inclinée aux arêtes latérales, elle cesse d'être tracée distinctement par le sable : dans d'autres cas, c'est-à-dire, quand on donne des longueurs différentes à la verge d'ébranlement, il arrive quelquefois qu'il n'existe sur aucune face des lignes nodales transversales, et que par-tout elles sont plus ou moins inclinées et disposées comme les lignes appelées *accolades*. Voyez fig. 89, où j'ai représenté cette disposition dans laquelle il est

impossible de trouver la liaison qui existe entre les lignes des différentes faces, lorsqu'on veut les rapporter à une seule ligne continue tournant autour du corps. J'ai aussi fait la même expérience sur une règle de bois d'un mètre de longueur, de quatre centimètres de largeur et de quinze millimètres d'épaisseur; elle m'a donné des résultats tout-à-fait analogues : seulement une chose qui m'a paru très-remarquable, c'est que, pour différens sons, tantôt ce sont les faces larges qui présentent les lignes nodales droites et perpendiculaires aux arêtes latérales, tantôt ce sont les faces étroites (1).

Il paraîtrait donc que, dans les verges parallélipipédiques, l'existence des arêtes ou angles saillans a une influence considérable sur la disposition des parties vibrantes, et par conséquent sur la distribution des lignes immobiles; et cela doit être aussi, car, d'après toutes les expériences contenues dans ce Mémoire, on ne peut considérer les vibrations tangentielles longitudinales que comme un mouvement moléculaire qui s'accompagne toujours d'un mouvement plus général, qu'on peut appeler *de transport*, dans lequel les particules qui forment une certaine étendue du corps vibrant seraient mues simultanément, tantôt dans un sens en ligne droite et tantôt dans le sens opposé toujours en ligne droite : ainsi, par exemple, on pourrait penser qu'entre deux lignes de repos, telles que N, N', fig. 90, toutes les par-

---

(1) Depuis la présentation de ce travail, nous avons, M. Biot et moi, répété cette expérience sur une solive qui était très-grosse et très-longue, et les résultats ont été les mêmes.

ticules situées à gauche et à droite de la ligne *ab* se meuvent en même temps, les unes dans le sens *VN* et les autres dans le sens *VN'*, tandis que toutes les particules situées entre *N* et l'extrémité de son côté se meuvent de *c* en *N*; de même qu'à l'autre extrémité elles se meuvent en même temps de *d* en *N'*, ce qui force le sable à se rassembler sur *N* et sur *N'*. Après ce premier temps, toutes les particules sont entraînées dans le sens opposé, mais toujours en étant animées d'un mouvement simultané opposé au précédent, ce qui devrait repousser le sable et le remettre dans la position qu'il occupait d'abord; mais comme cela n'a pas lieu, on serait porté à croire que le mouvement est plus fort dans le sens *VN* que dans le sens *NV*. N'importe ce qu'il en soit, les amplitudes des oscillations de ce transport simultané des particules sont assez fortes sur les petits plans qui forment les extrémités d'une verge libre pour lancer au loin le sable qu'on peut y placer; et si, tandis qu'un tube de deux mètres de longueur est en vibration, on approche seulement une de ses extrémités contre un obstacle résistant et poli, on entend une suite de petits battemens tout-à-fait analogues à ceux qu'on observe quand on approche avec précaution une pointe aiguë contre une cloche qui résonne : il faut seulement avoir soin, pour que l'expérience réussisse, d'incliner la verge sur la face du corps qu'on veut lui faire toucher : par ce moyen, comme il n'y a qu'un point de son contour d'amené au contact, les vibrations ne sont pas interrompues, et on a le temps d'entendre distinctement les battemens qui se produisent. Puisqu'un corps qui vibre tangentiellement présente ainsi un certain nombre de

impossible de trouver la liaison qui existe entre les lignes des différentes faces, lorsqu'on veut les rapporter à une seule ligne continue tournant autour du corps. J'ai aussi fait la même expérience sur une règle de bois d'un mètre de longueur, de quatre centimètres de largeur et de quinze millimètres d'épaisseur; elle m'a donné des résultats tout-à-fait analogues : seulement une chose qui m'a paru très-remarquable, c'est que, pour différens sons, tantôt ce sont les faces larges qui présentent les lignes nodales droites et perpendiculaires aux arêtes latérales, tantôt ce sont les faces étroites (1).

Il paraîtrait donc que, dans les verges parallélipipédiques, l'existence des arêtes ou angles saillans a une influence considérable sur la disposition des parties vibrantes, et par conséquent sur la distribution des lignes immobiles; et cela doit être aussi, car, d'après toutes les expériences contenues dans ce Mémoire, on ne peut considérer les vibrations tangentielles longitudinales que comme un mouvement moléculaire qui s'accompagne toujours d'un mouvement plus général, qu'on peut appeler *de transport*, dans lequel les particules qui forment une certaine étendue du corps vibrant seraient mues simultanément, tantôt dans un sens en ligne droite et tantôt dans le sens opposé toujours en ligne droite : ainsi, par exemple, on pourrait penser qu'entre deux lignes de repos, telles que N, N', fig. 90, toutes les par-

---

(1) Depuis la présentation de ce travail, nous avons, M. Biot et moi, répété cette expérience sur une solive qui était très-grosse et très-longue, et les résultats ont été les mêmes.

ticules situées à gauche et à droite de la ligne *ab* se meuvent en même temps, les unes dans le sens *VN* et les autres dans le sens *VN'*, tandis que toutes les particules situées entre *N* et l'extrémité de son côté se meuvent de *c* en *N*; de même qu'à l'autre extrémité elles se meuvent en même temps de *d* en *N'*, ce qui force le sable à se rassembler sur *N* et sur *N'*. Après ce premier temps, toutes les particules sont entraînées dans le sens opposé, mais toujours en étant animées d'un mouvement simultané opposé au précédent, ce qui devrait repousser le sable et le remettre dans la position qu'il occupait d'abord; mais comme cela n'a pas lieu, on serait porté à croire que le mouvement est plus fort dans le sens *VN* que dans le sens *NV*. N'importe ce qu'il en soit, les amplitudes des oscillations de ce transport simultané des particules sont assez fortes sur les petits plans qui forment les extrémités d'une verge libre pour lancer au loin le sable qu'on peut y placer; et si, tandis qu'un tube de deux mètres de longueur est en vibration, on approche seulement une de ses extrémités contre un obstacle résistant et poli, on entend une suite de petits battemens tout-à-fait analogues à ceux qu'on observe quand on approche avec précaution une pointe aiguë contre une cloche qui résonne : il faut seulement avoir soin, pour que l'expérience réussisse, d'incliner la verge sur la face du corps qu'on veut lui faire toucher : par ce moyen, comme il n'y a qu'un point de son contour d'amené au contact, les vibrations ne sont pas interrompues, et on a le temps d'entendre distinctement les battemens qui se produisent. Puisqu'un corps qui vibre tangentiellement présente ainsi un certain nombre de

parties d'une dimension déterminée, dont les molécules se meuvent en même temps, il n'est pas étonnant que la forme du corps ait une influence considérable sur la distribution de ces parties, ainsi que sur leur étendue; et peut-être que les cylindres sont les seuls corps qui soient susceptibles de la disposition de lignes nodales arrangées régulièrement comme dans la figure 81; car, à mesure qu'on examine des corps dont la largeur l'emporte de plus en plus sur l'épaisseur, on remarque qu'il n'y a plus aucune trace de lignes disposées de cette manière : dans les verges, par exemple, qui ont quelques centimètres de largeur et seulement un ou deux millimètres d'épaisseur, on observe une double série de lignes nodales qui ne peut pas être le résultat d'une seule ligne de repos qui ramperait en tournant autour du corps. *Voyez* figure 91, où les lignes pleines indiquent les nœuds de la face supérieure, et celles qui sont ponctuées les nœuds de la face inférieure. Il serait très-important de pouvoir examiner ce qui se passe sur les tranches d'une verge qui vibre de cette manière : il en est de même des verges qui sont encore plus larges, et qui présentent aussi des lignes immobiles qui sont loin de paraître formées d'une seule ligne continue, comme on peut le voir fig. 92.

Ainsi le seul caractère qui soit général dans le genre de mouvement que nous examinons consiste en ce que les lignes nodales d'une face ne correspondent jamais, pour la position, aux lignes d'une autre face, quelle qu'elle soit.

Néanmoins il ne serait pas impossible que la disposition de lignes nodales continues et arrangées comme

en hélices fût un caractère général des lignes de repos dans les vibrations longitudinales tangentielles : seulement, dans certains cas, il faudrait admettre la coexistence de plusieurs de ces lignes; par exemple, dans une verge large qui présente le mode de mouvement de la fig. 91, l'on peut concevoir que la distribution des lignes nodales que présentent les faces est le résultat de la marche de quatre lignes nodales qui tournent, deux de droite à gauche et deux de gauche à droite, dans chaque moitié de la longueur de la lame : en effet, soit *N N*...., fig. 93, la distribution des lignes nodales de la face supérieure d'une verge large; sur la face inférieure les espèces de ν qu'elles représentent seront contrairement disposées, comme l'indique la ligne ponctuée *N' N'*...... Si l'on cherche à réunir les lignes des deux faces par d'autres lignes configurées de la même manière, comme *nn*.... *n' n'*.... tracées sur les tranches, l'on verra qu'il suffit d'admettre l'existence de quatre lignes tournant autour de la verge pour expliquer la disposition des espèces de ν ou d'accolades que présentent les faces, et l'on pourra suivre la marche isolée de ces quatre lignes, ainsi qu'on peut le voir dans la figure, où je les ai désignées par les chiffres 1, 2, 3, 4; les lignes 1 et 3 tournent de gauche à droite, et les lignes 2 et 4 tournent de droite à gauche. Dans les lames minces et larges il est impossible de vérifier si effectivement les tranches présentent des lignes de repos configurées comme nous le supposons en ce moment; mais en examinant des lames plus épaisses, il n'est pas rare, ainsi que nous l'avons déjà remarqué, d'en rencontrer dont les tranches offrent des lignes nodales dis-

posées en accolades ; ce qui est une grande présomption pour croire qu'il en est de même dans les verges minces. En admettant ainsi la coexistence de plusieurs lignes de repos qui marchent comme en hélice, l'on pourrait également expliquer la disposition des lignes nodales de toutes les espèces de corps qui sont le siége de vibrations tangentielles longitudinales ; c'est ainsi que l'arrangement de lignes nodales représenté fig. 92, qui semble, au premier abord, se refuser à cette explication, s'y prête au contraire très-facilement quand on admet la coexistence de deux lignes nodales qui marchent en sens contraire dans toute la longueur de la lame et qui se croisent en *A*.

On retrouve la disposition d'une seule ligne de repos continue dans les cylindres pleins ou creux qui sont fixés par une de leurs extrémités : l'on peut très-facilement faire cette expérience sur un petit cylindre de verre de deux ou trois millimètres de diamètre et de sept ou huit décimètres de longueur, dont on fixe une des extrémités dans un petit trou pratiqué sur un morceau de bois qu'on serre ensuite entre les mâchoires d'un étau. Pour que le son sorte avec pureté, il est nécessaire que la verge soit tenue de cette manière ; car, si on se bornait à la saisir entre les mâchoires de l'étau, même garnies de plomb, outre qu'on s'exposerait à la briser, il pourrait arriver que la partie serrée n'étant pas rendue immobile dans tous les points de sa surface (puisque les mâchoires de l'étau ne la toucheraient qu'en deux points diamétralement opposés), tantôt elle entrerait en mouvement avec le reste de la verge, et tantôt elle n'y entrerait pas ; ce qui serait cause qu'on

n'obtiendrait aucun son, ou que celui qu'on pourrait tirer serait rauque, désagréable, et comme intermittent ou composé de deux sons. Lorsqu'on est parvenu à obtenir un son pur, l'on prend le petit étau d'une main en dirigeant la verge horizontalement, puis, après avoir placé de petits anneaux de papier sur différens points de sa longueur, on le met en vibration à l'ordinaire en le frottant avec un morceau de drap mouillé. Alors on observe que sur des points quelconques diamétralement opposés, les petits indicateurs de papier prennent des arrangemens différens : il est facile de reconnaître que la ligne nodale tourne autour du cylindre, en partant de la partie fixée pour venir se terminer à celle qui est libre.

J'ai tenté aussi d'examiner les vibrations tangentielles longitudinales sur des verges fixées par leurs deux extrémités ; mais n'ayant pas à ma disposition tout ce qui eût été nécessaire pour bien exécuter l'expérience, j'ai seulement pu voir que d'abord il est possible d'en tirer des sons, ensuite que dans les verges parallélipipédiques les nœuds sont contrairement disposés sur les deux faces, et que dans celles qui sont cylindriques ils paraissent arrangés en hélice ; mais comme je n'ai été à même que d'examiner des verges dont la longueur n'allait même pas jusqu'à un mètre, je ne puis rien présenter de positif à ce sujet. Je remarquerai seulement que le rapport du son d'une verge ainsi fixée avec les sons d'une verge libre m'a paru conforme à ce qu'a avancé M. Chladni. Il est encore plus nécessaire, dans ce cas que dans celui d'une verge fixée par une seule extrémité, que la longueur de la partie qu'on veut mettre en vibration soit

invinciblement déterminée : sans cela on obtient deux ou trois sons à la fois, ou même l'on ne peut en obtenir aucun. En général, pour que les corps qui sont le siége du mouvement tangentiel longitudinal rendent des sons purs, il faut que leur longueur ne puisse pas varier du tout : sans cela, si l'on parvient à en tirer des sons, ils ont un timbre différent de celui que donnerait le même corps s'il était disposé convenablement.

La fig. 94 représente l'appareil dont je me suis servi pour examiner les vibrations tangentielles longitudinales des verges fixées à leurs deux extrémités : *L L* est une verge de verre qui peut être cylindrique ou parallélipipédique ; elle est fixée dans deux tasseaux très-forts de bois *TT*, réunis à une grosse règle également de bois *B*, qui sert de base à tout l'appareil. Un appareil de cette nature est extrêmement convenable pour faire voir que le nombre des vibrations d'un système de corps peut être très-différent selon qu'on met ce système en contact avec divers autres corps : par exemple, tandis qu'on fait résonner la verge *LL'*, si l'on appuie l'angle *A* de la base de l'appareil contre un corps dont les dimensions soient considérables, le son sera beaucoup plus élevé que si l'on tenait l'appareil seulement à la main : si on le pose sur une table, le son sera encore différent, et ainsi de suite, de sorte qu'il variera continuellement selon le plus ou moins grand nombre de points de la base ou des tasseaux *T T*, qu'on cherchera à rendre immobiles.

Il est beaucoup plus facile d'examiner les vibrations tangentielles longitudinales des cylindres fixés à leurs deux extrémités, lorsqu'on les ébranle secondairement,

surtout si ces cylindres sont très-minces, comme des cordes d'instrumens de musique ou des fils métalliques. Pour cela, il faut les tendre entre deux obstacles fixes, dont l'un est une cheville susceptible de tourner sur elle-même, et dont l'autre est une petite verge, par exemple, d'acier, et dont la direction est perpendiculaire à celle du fil. Si l'on ébranle cette petite verge transversalement avec un archet, le mouvement se communique au fil, qui exécute des vibrations longitudinales. L'on reconnaît la marche de la ligne nodale en plaçant un ou plusieurs petits anneaux le long du fil, ou simplement de petits chevalets de papier. Par exemple, soit *AA*, fig. 95, une petite verge d'acier cylindrique, fixée perpendiculairement après une règle de bois *BB'*, qui doit être très-épaisse, afin qu'elle n'entre pas trop facilement en mouvement; on attache l'extrémité d'une corde mince de boyau *cc'* vers la partie inférieure de la verge d'acier. Il suffit pour cela de faire un nœud tout au bout de la corde, puis d'y pratiquer une anse comme si l'on voulait y faire un second nœud, et de placer la verge dans l'anse : en tirant la corde, l'anse se ferme, elle se sert autour du petit cylindre, et le nœud fait au bout même de la corde l'empêche de glisser et de se détacher. Son autre extrémité, après avoir passé sur un petit chevalet *S*, va traverser une cheville qu'on peut tourner à volonté, et qui sert pour diminuer ou augmenter la tension de la corde. Si l'on promène un archet dans la direction *FF'*, parallèle à *cc'*, aussitôt que le son sera produit, tous les petits curseurs de papier qu'on aura placés sur la corde entreront en mouvement, et ils se porteront avec beaucoup de vitesse

chacun vers le nœud dont il sera le plus rapproché. Si l'on renverse ensuite l'appareil, de manière que la corde, restant toujours horizontale, vienne occuper la partie inférieure, les petits chevalets tourneront autour de la corde, sans cesser de diviser sa longueur de la même manière : alors, si l'on tire un nouveau son, les chevalets se trouvant correspondre à des points de la corde diamétralement opposés à ceux où ils étaient d'abord, on reconnaîtra que, loin qu'il existe des nœuds dans ces nouveaux points, ils sont, au contraire, à-peu près le mileu d'une partie vibrante; car les chevalets glisseront rapidement, et ils ne s'arrêteront que quand ils seront arrivés environ vers le milieu des intervalles qui séparaient deux points de repos de l'arête d'abord examinée. En un mot, l'on pourra, en tournant successivement en haut différentes arêtes de la corde, observer les mêmes phénomènes que sur des cylindres de verre ou de métal, et reconnaître que la ligne de repos est continue et qu'elle tourne en rampant autour du corps.

Il faut, dans cette expérience, avoir soin de promener l'archet exactement dans le plan vertical qui contient la verge et la corde; car si on le promenait dans une direction un peu inclinée à ce plan, les résultats obtenus seraient tout différens : par exemple, je suppose qu'on le promène dans un plan qui serait perpendiculaire à celui qui contient l'axe de la verge et celui de la corde, alors celle-ci exécutera des vibrations tout-à-fait normales, attendu que la force qui représente l'action de la verge sera normale à la longueur du corps auquel le mouvement se communiquera; en conséquence, les petits anneaux de papier seront fortement agités, mais ils

ne seront pas animés d'un mouvement de translation. Maintenant si le plan qui contient l'archet s'incline un peu sur celui qui contient en même temps l'axe du petit cylindre métallique et celui de la corde, celle-ci devra produire des vibrations telles que ses molécules se mouvront toujours suivant des droites parallèles à la droite qui contient l'archet; et à raison de l'obliquité de la force, les amplitudes des excursions des parties vibrantes de la corde devront être moindres dans le sens transversal que dans le cas où la force était tout-à-fait normale : c'est aussi ce qui a lieu, car les petits anneaux de papier sont moins agités qu'ils ne l'étaient d'abord, et l'on commence à voir qu'ils sont animés d'un léger mouvement de transport dans le sens de la longueur de la corde. Si l'on incline encore plus l'archet, la direction des oscillations moléculaires de la corde s'incline de même; l'amplitude des oscillations des parties vibrantes diminue encore à raison de la plus grande obliquité de la force; et les mouvemens des petits anneaux dans le sens transversal deviennent toujours moindres, tandis que leur mouvement dans le sens longitudinal devient au contraire de plus en plus intense, ce qui conduit à voir qu'il ne peut être complètement longitudinal que quand les oscillation de la verge se font exactement dans le plan dans lequel se trouve compris l'axe de la corde. Ainsi cette expérience tendrait donc à prouver que les cordes qui exécutent des vibrations normales sont le siége d'un mouvement moléculaire dont la direction est perpendiculaire à leur axe : ce qui, d'ailleurs, paraît d'autant plus probable, qu'on ne voit pas pourquoi cette espèce de

corps ferait exception à la règle commune. En admettant ce mouvement moléculaire, on peut se rendre facilement raison d'un phénomène très-connu, qu'on observe lors de la production des sons harmoniques des cordes. On sait qu'en touchant légèrement une corde, à la moitié, au tiers, au quart de sa longueur, etc., on la détermine à se subdiviser en un certain nombre de parties égales qui vibrent en même temps, et qui rendent toutes le même son; mais comment le mouvement se transmet-il aux parties qu'on n'ébranle pas directement avec l'archet ? D'abord, je remarquerai qu'on peut demander la même chose touchant les subdivisions d'une verge, d'un disque, etc.; ainsi la question, de particulière qu'elle était, devient générale pour tous les corps solides. Si l'on considère de quelle manière on produit les oscillations dans la partie du corps qu'on ébranle directement avec l'archet, on voit qu'on ne fait qu'écarter quelques-unes des molécules de leur état d'équilibre, et que ce mouvement partiel se communique bientôt à toute la masse de cette même portion; mais puisque les oscillations dépendent ici d'un petit ébranlement primitif, l'extrémité de la portion qui vibre déjà, et qui est aussi le siége d'un mouvement moléculaire, devra produire, sur la portion du corps qui lui est continue, un effet analogue à celui que l'archet avait produit sur la partie primitivement ébranlée; de sorte que le mouvement s'étendra ainsi sensiblement au corps entier, s'il est divisible exactement par la partie à laquelle le mouvement a d'abord été imprimé.

Par un procédé expérimental analogue à celui que nous venons d'exposer il est facile d'examiner les vi-

brations tangentielles longitudinales d'une membrane mince fixée par ses deux extrémités : par exemple, LL', fig. 96, est une petite bande de papier ou de parchemin de trois ou quatre décimètres de longueur, fixée par ses deux extrémités à deux petites verges a et b, qui forment avec elle des angles droits, et qui sont réunies par leur extrémité inférieure à une règle épaisse de bois BB'. La membrane étant bien tendue (ce qu'il est toujours très facile d'obtenir), si l'on promène un archet sur l'une des deux verges a, b, dans une direction FF', parallèle à la lame mince, qui n'est alors élastique que par tension, elle produira des vibrations tangentielles longitudinales qui s'accompagneront de lignes nodales dessinées avec une grande netteté, et contrairement disposées sur les deux faces de la membrane, quelque faible que soit son épaisseur : qu'elle produise un grand nombre de vibrations dans une seconde de temps ou qu'elle en produise très-peu, les phénomènes ne changeraient même pas dans le cas où ce nombre serait assez petit pour qu'il n'y eût aucun son de produit, ce dont on peut facilement s'assurer en unissant à a une verge a' assez longue pour que le nombre de ses oscillations soit moindre que trente-deux dans une seconde de temps.

Il est à remarquer que, pour qu'une membrane mince produise des vibrations tangentielles longitudinales, il n'est pas nécessaire qu'elle soit tendue ; car, étant abandonnée à elle-même, elle vibre encore avec la plus grande facilité, comme on peut le constater en unissant à une verge mince, fixée par une de ses extrémités, une bande de papier, même fort longue, d'un mètre,

par exemple ; on pose cette bande sur une surface plane et horizontale, puis on fait en sorte que la verge fasse un angle droit avec cette même surface, par conséquent avec la bande de papier. Si alors on fait produire à la verge des vibrations normales, la membrane à laquelle elle est réunie en produit de tangentielles longitudinales, comme il est facile de le reconnaître à la marche progressive des grains de sable, qui se dirigent toujours parallèlement aux arêtes de la membrane : les figures qu'ils tracent sont toujours plus ou moins irrégulières, attendu que, la membrane n'étant jamais comprise exactement dans un même plan, il y a des parties de son étendue qui doivent être le siége de mouvemens obliques ; et cela est inévitable, attendu qu'il est nécessaire qu'elle ne touche que par quelques points de son étendue le plan sur lequel on la pose, afin que les amplitudes de ses oscillations soient assez fortes pour que le sable devienne le siége d'un mouvement bien prononcé : ce qui n'aurait pas lieu si elle était par-tout en contact avec le corps qui la supporte. Ainsi, d'après cette expérience, il y a une grande différence à établir entre les vibrations normales et les vibrations tangentielles des membranes, puisque les premières ne peuvent avoir lieu que quand les membranes sont tendues, tandis que les autres peuvent exister sans cela.

Avec un appareil disposé comme celui de la fig. 96, l'on peut encore examiner les vibrations tangentielles longitudinales de corps réduits en fils extrêmement fins comme des cheveux, des fils de soie, etc. : pour cela il faut tendre ces corps entre les deux verges *a* et *b*, et ébranler l'une des deux avec un archet : un ou deux

petits anneaux de papier ayant été placés préalablement sur les fils pour en indiquer le mode de mouvement, l'on peut voir que, quel que soit leur degré de ténuité, le mouvement n'est jamais le même sur deux de leurs arêtes diamétralement opposées ; il semble même que la ligne nodale continue qui enveloppe ces corps d'un si petit diamètre soit disposée encore plus régulièrement que dans les cylindres d'un diamètre considérable.

§ II. En général, il est vrai que les nombres des vibrations des corps qui vibrent longitudinalement ne sont pas influencés par la largeur plus ou moins considérable qu'ils peuvent avoir : néanmoins l'expérience montre que, passé un certain degré d'accroissement dans cette dimension, la longueur restant constante, le nombre de vibrations cesse d'être le même, et qu'il subit des changemens d'autant plus grands que la largeur augmente davantage ; mais comme ces changemens ne paraissent avoir lieu qu'après que la largeur du corps excède sa longueur, c'est-à-dire, quand elle est elle-même transformée en longueur, alors la facilité des mouvemens de transport s'établit d'une autre manière, et il n'est pas étonnant que les nombres des vibrations deviennent d'autant moindres que la largeur, qui est devenue la longueur, est plus considérable. La direction du mouvement tangentiel, dans ce cas, s'exécutant dans le sens de la largeur, on peut l'appeler *tangentiel transversal.*

Je suppose qu'on prenne, dans une même lame de verre, une série de verges de même longueur, mais dont les largeurs aillent toujours en croissant, on trouve que toutes elles rendent le même son : l'on peut ainsi augmenter la largeur jusqu'à ce qu'on arrive à un carré ; mais

si l'on dépasse ce terme, la largeur devenant plus forte que la longueur, les nombres des vibrations deviennent comme les carrés renversés de la largeur, qui est alors la longueur. Pour vérifier cette loi, il faut prendre une verge de verre de quelques décimètres de longueur et de cinq ou six centimètres de largeur, et l'ébranler secondairement au moyen d'un petit cylindre ou d'une petite lame mince et étroite qu'on fixe, vers le milieu de la longueur de la verge, sur une de ses tranches et perpendiculairement à ses arêtes latérales, ainsi que le représente la fig. 97. L'union des deux corps peut être pratiquée à l'aide du mastic ou mieux encore avec de la cire d'Espagne. La lame $L\,L'$ étant tenue horizontale, on frotte la petite verge avec un petit morceau de drap mouillé, et avec quelque précaution l'on parvient à obtenir avec assez de pureté le son des vibrations tangentielles transversales. Comme il faut que le petit cylindre d'ébranlement ait une longueur proportionnée à la masse qu'il doit ébranler, il faut s'assurer que c'est bien le son de la verge qu'on obtient, et non celui du cylindre; mais rien n'est plus facile que d'atteindre ce but. Pour cela, quand on a obtenu un son quelconque, on raccourcit de quelques centimètres le petit cylindre : si, après cela, le son obtenu n'est plus le même, c'est que c'était ou le son du système des deux corps, ou celui du petit cylindre seul qu'on obtenait; mais si le son demeure le même, il est clair que c'est celui de la grande lame qu'on obtient : pour s'en assurer encore davantage, on la recouvre de sable et on examine si l'espèce de mouvement qui s'y produit est bien tangentiel et transversal, si les grains de sable se meuvent perpendiculairement à

ses arêtes latérales. Lorsqu'on s'est ainsi assuré que le son est donné par la verge seule, on prend son unisson sur un instrument à corde, puis on répète la même expérience sur une nouvelle lame de même dimension que la première, à l'exception de la longueur, qui doit être moindre ou plus considérable, par exemple, du double; on l'ébranle de la même manière avec un petit cylindre, et après s'être assuré qu'on obtient le son des vibrations tangentielles transversales, on prend aussi son unisson sur un instrument, et l'on compare entr'eux les sons donnés par les deux verges. On trouve alors que le son de la plus courte étant appelé ut_3, celui de la plus longue est ut_1, c'est-à-dire qu'une verge double d'une autre fait quatre fois moins de vibrations dans le même temps, et par conséquent que les nombres des vibrations, quand le mouvement tangentiel a lieu dans le sens de la largeur, sont comme les carrés renversés des longueurs.

Maintenant, au lieu de faire varier la longueur, si l'on fait varier la largeur, on trouve, en prenant toujours les mêmes précautions pour s'assurer de la nature du son produit, qu'une verge d'une largeur double d'une autre donne un son qui est à l'octave aiguë, et que par conséquent les nombres des vibrations sont proportionnels à la largeur. Ainsi les lois qui régissent cette espèce de mouvement sont absolument les mêmes que celles qu'on a reconnues pour les vibrations normales des verges étroites : résultat qu'on pouvait prévoir, car il est clair que le mouvement est le même dans ces deux genres de vibrations, et qu'il n'y a de différence qu'en ce que, dans les vibrations tangentielles transversales, on considère des verges dont la largeur doit être prise pour l'épais-

seur si on veut les assimiler à des verges qui vibrent dans une direction normale, les tranches ou côtés de la lame pouvant alors être pris pour les faces dans la direction normale desquelles le mouvement a lieu.

Il est clair qu'en augmentant toujours la largeur d'une verge qui vibre tangentiellement et transversalement (les dimensions autres que la largeur restant constantes), on finirait par arriver d'abord à un carré, et qu'ensuite la largeur deviendrait la longueur; mais il m'a été impossible d'atteindre ce but, faute d'un moyen d'ébranlement convenable; car, à mesure que la largeur augmente et qu'on approche plus d'arriver à un carré, il devient de plus en plus difficile d'obtenir les sons des vibrations tangentielles transversales : on obtient seulement des sons extrêmement aigus qui paraissent être le résultat des vibrations de la petite verge, renforcées par le son de la lame, qui ne paraît pas altérer sensiblement par sa présence le nombre des vibrations du petit corps auquel elle est réunie, et qui ne suffit plus pour ébranler une masse si considérable, de manière que le mouvement de cette masse l'emporte tellement sur celui du corps qui la met en jeu, qu'il devienne le phénomène principal. Il faudrait donc augmenter les dimensions de la petite verge; mais il se présente alors un nouvel inconvénient : c'est que, dans ce cas, elle forme avec la lame un système qui vibre à sa manière, et les expériences cessent d'être comparables entr'elles : enfin, une autre cause d'erreur, c'est que les sons deviennent si aigus que l'oreille la plus exercée ne peut plus faire de distinction entre deux sons qui se trouvent très-différens l'un de l'autre, qui sont, par exemple, à l'octave, et même à

la double octave. En prenant beaucoup de précautions, je suis parvenu seulement à pouvoir augmenter la largeur jusqu'à ce qu'elle fût devenue égale à la moitié de la longueur; et j'ai toujours trouvé les nombres des vibrations proportionnels à la largeur; ce qui conduit à présumer que cette loi continuerait à exister jusqu'au carré, qui serait la limite au-delà de laquelle le son commencerait à redevenir plus grave, les nombres des vibrations devenant alors réciproques à la largeur, qui, par son excès d'accroissement sur les autres dimensions, se serait transformée en longueur.

Ainsi, pour résumer tout ce qui a rapport aux lois des vibrations tangentielles, on voit que, pour celles qui se produisent dans le sens de la longueur, les nombres de vibrations sont réciproques à cette dimension, et que la largeur ni l'épaisseur n'y font rien; tandis que pour celles qui ont lieu dans le sens de la largeur, les nombres de vibrations sont proportionnels à cette dimension et comme les carrés renversés des longueurs. Ces expériences conduisent donc à présumer que, dans tous les cas de vibrations tangentielles des lames minces rectangulaires, le carré doit être considéré comme donnant le son le plus aigu, ou mieux le nombre de vibrations le plus considérable.

Si cette induction est exacte, il devra toujours être facile, la longueur et le son d'une verge vibrant longitudinalement étant donnés, de trouver le son que cette même verge devrait rendre si on l'ébranlait tangentiellement dans le sens de sa largeur; car le son le plus aigu qu'elle pourrait donner pour ce dernier genre de mouvement, si on augmentait sa largeur jusqu'au carré, serait justement celui qu'elle donne lorsqu'elle

vibre longitudinalement ; il suffira donc de comparer la longueur de la lame à sa largeur, et de voir, d'après la loi de la proportionnalité des nombres de vibrations aux largeurs, quel devrait être le nombre d'oscillations pour la largeur dont il s'agit, en partant du nombre d'oscillations données par la longueur comme de celui qui serait donné par un carré dont chacun des côtés égalerait cette même longueur. Ce raisonnement se trouve complètement confirmé par l'expérience. Réciproquement, étant donné la largeur et le son tangentiel transversal d'une verge, il sera de même facile de trouver le son que cette verge donnerait si elle vibrait longitudinalement ; car il suffira, d'après la même loi du nombre de vibrations proportionnel aux largeurs pour le mouvement tangentiel transversal, de chercher le nombre de vibrations d'un carré fait sur la longueur de la lame : ce nombre sera celui de la verge vibrant longitudinalement.

Dans le cas des vibrations tangentielles transversales, les lames minces présentent des figures particulières qui quelquefois se correspondent sur les deux faces des lames, et qui le plus ordinairement ne se correspondent pas ; mais toujours dans des points correspondans des deux faces le sable est animé de mouvemens contraires. Le plus généralement, dans les verges larges, les lignes tracées par le sable ne se correspondent pas ; elles sont souvent disposées comme dans la fig. 98, qui a une grande analogie avec celle de la fig. 91, produite par les vibrations tangentielles longitudinales : il y a seulement entre elles cette différence importante, que dans la fig. 98, les parties a', b', c', d' de la ligne nodale sont forte

ment prononcées, tandis que les parties *nn*.. le sont très-peu, et que c'est l'inverse dans la fig. 91, de sorte que les parties de la ligne qui sont à-peu-près perpendiculaires à la direction du mouvement sont, dans les deux cas, plus prononcées que les autres; du reste l'aspect de cette ligne est le même. Dans les verges étroites, les lignes nodales se correspondent constamment, et les parties qui les avoisinent sont animées de mouvement contraire, fig. 99; mais, quel que soit leur arrangement, elles sont toujours disposées de telle sorte que les quatre arêtes longitudinales communes aux faces et aux tranches de la lame sont divisées de la même manière, ce qui indiquerait que sur la tranche même les lignes que tracerait le sable se correspondraient; et cela est d'autant plus à présumer que, par exemple, dans le cas de la fig. 99, on ne peut pas concevoir le mouvement de transport autrement qu'en admettant que sur une face, par exemple, la supérieure, et entre deux lignes tracées par le sable, il y a un mouvement commun à toutes les molécules, tantôt dans le sens *a b*, tantôt dans le sens *b a*; tandis que sur la face inférieure, dans la partie correspondante, le mouvement a lieu en sens opposé : nécessairement, dans ce cas, la partie de la tranche comprise entre *n* et *n'* doit tantôt se courber en faisant saillie en dehors, et tantôt elle doit se courber en dedans et devenir concave dans le sens *n n'*; et en effet c'est ce qui a lieu; car si l'on examine ce genre de mouvement sur des verges assez épaisses pour qu'on puisse en recouvrir la tranche avec du sable, on remarque qu'il s'y forme une série de lignes nodales perpendiculaires aux arêtes longitudinales. Cette expérience peut se faire très-facilement avec une règle

de bois un peu épaisse, par exemple, de quinze à dix-huit millimètres et de quelques décimètres de longueur, qu'on met en mouvement au moyen d'un petit cylindre de verre long de trois ou quatre décimètres, fixé sur une des tranches de même que dans la fig. 97.

Il existe, comme on le voit, entre ce genre de mouvement et celui qui est normal, une trop grande analogie pour qu'on doive les regarder comme essentiellement différens; il est facile de voir qu'étant soumis aux mêmes lois, et présentant des dispositions de lignes nodales analogues, ils ne diffèrent entre eux qu'en ce que, dans les vibrations normales, à raison du peu d'épaisseur des lames, les mouvemens de transport peuvent devenir très-forts et occasioner de véritables flexions quand l'ébranlement est très-intense; d'un autre côté, il est facile de remarquer aussi l'analogie frappante qui existe entre les vibrations tangentielles transversales et celles qui sont longitudinales : par exemple, dans la fig. 91, qui est produite par le mouvement dans le sens de la longueur, la ligne contournée *a, b, c, d* est disposée, par rapport à la direction du mouvement, de la même manière que l'est la ligne *a' b' c', d'*, dans la fig. 98, aussi par rapport à la direction du mouvement, qui est alors tangentiel transversal : ainsi, d'après ce rapprochement, il est clair qu'on ne doit établir entre les trois mouvemens d'autres distinctions que celles qui résultent des modifications apportées dans les phénomènes qu'ils présentent, par la direction même du mouvement relativement à la disposition des faces qui déterminent la forme du corps.

Il est à regretter qu'on ne puisse obtenir les sons des

vibrations tangentielles transversales que secondairement, et qu'on ne puisse plus les produire quand la largeur devient considérable; il eût été très-important de constater avec exactitude de quelle manière les oscillations des molécules se faisant toujours dans le même sens, les mouvemens de transport se modifient selon qu'on donne de la prépondérance à telle dimension du corps ou à telle autre.

§ III. Si l'on prend une verge *AB*, fig. 100, qui soit le siége de vibrations tangentielles transversales, et qu'on en diminue la largeur *AB* jusqu'à ce que cette dimension devienne moindre que l'épaisseur *c d*, le mouvement continuant toujours à se faire dans le même sens $\nu\nu$, il sera alors normal aux nouvelles faces *LL'* de la verge; et il se produira des mouvemens de flexion très-notables qui seront indiqués par le sable, dont les grains seront lancés avec d'autant plus de force que la lame sera plus mince. Si la verge, changée ainsi dans ses dimensions, conserve encore assez d'épaisseur pour qu'on puisse en recouvrir les tranches avec du sable, on observe que quand l'ébranlement est faible, elles présentent des mouvemens en sens contraire pour des points correspondans, et dans certains cas des lignes nodales diversement distribuées pour chacune d'elles. Il en serait de même si l'on examinait les tranches d'une plaque carrée, ou de toute autre forme, mais qui offrirait une épaisseur suffisante pour que l'expérience pût être faite avec facilité, quand, d'ailleurs, cette plaque présenterait plusieurs subdivisions.

Ainsi toutes ces expériences montrent donc que les différentes espèces de mouvemens se réduisent à une

seule, qui consiste en des oscillations que les molécules des corps exécutent suivant des lignes droites parallèles entre elles, d'où résultent des mouvemens de transport ou de flexion alternativement en sens contraire, et qui peuvent être modifiés diversement selon le sens dans lequel se meuvent les particules relativement aux dimensions des corps. Par exemple, dans les vibrations tangentielles longitudinales, les mouvemens généraux paraissent consister en un mouvement de va et vient commun aux molécules de diverses parties de la lame ou verge, parties dont l'étendue et le nombre sont déterminés par lá forme même du corps, et dont les mouvemens, qui sont tangens aux faces ou parallèles aux arêtes longitudinales de la verge, ne font saillir les parties vibrantes hors des faces que pour celles qui forment les extrémités même du corps. Au contraire, dans les vibrations tangentielles transversales d'une verge, les faces qui forment les extrémités sont le siége d'un mouvement de transport tangentiel; il en est de même des faces qui déterminent la largeur de la verge, et ce sont alors les tranches qui sont le siége d'un mouvement qui fait saillir les parties vibrantes hors des surfaces qui les limitent dans l'état de repos. Enfin, dans les vibrations normales, les tranches et les extrémités présentent les mouvemens de transport tangentiels, tandis que ce sont les faces qui présentent les mouvemens qui font saillie hors du corps. D'où l'on voit que les faces où se manifestent des saillies hors du corps sont justement celles dans la direction normale desquelles ont lieu les oscillations des molécules.

Pour donner encore un plus haut degré de certitude à ce résultat, l'on peut faire une expérience très-simple,

qui consiste à faire résonner un corps dont la configuration soit telle que, le mouvement étant imprimé dans une direction déterminée, les oscillations soient normales pour certaines parties du corps, tangentielles transversales pour d'autres, et enfin tangentielles longitudinales encore dans d'autres parties : soit, par exemple, un morceau de bois configuré comme *ABC*, fig. 101 ; si l'on promène un archet dans la direction FF' parallèle à *AB*, toutes les molécules du corps se mouvront dans des directions VV', $V_1V'_1$, $V_2V'_2$, parallèles entre elles et à *AB*; par conséquent le mouvement devra être normal en *n*, puisqu'il a lieu dans une direction telle qu'il se fait à-peu-près perpendiculairement aux faces d'un corps mince ; il devra être tangentiel transversal quelque part en *T*, et enfin tangentiel longitudinal en *L* : c'est en effet ce qui a lieu ; et si l'instrument est bien fait, quand FF' sera parallèle aux faces de *AB*, cette partie du corps vibrera aussi régulièrement que si elle était isolée et ébranlée par le moyen d'un morceau de drap ; si on la recouvre de sable, on en verra les grains marcher à côté les uns des autres, dans des directions parallèles entr'elles et aux arêtes de *AB* : au contraire, si l'on recouvre de sable les faces n, n', n'', qui sont presque perpendiculaires à la direction du mouvement, ses grains seront lancés perpendiculairement aux surfaces sur lesquelles ils reposeront, et cela d'une manière aussi prononcée en n'' qu'en *n*. Cette expérience conduit à considérer comme un seul corps un système de verges réunies rectangulairement entr'elles, dont une seule est ébranlée directement, soit dans une direction longitudinale tangentielle, soit dans une direction normale.

Il paraît donc bien que c'est sans fondement qu'on a établi des distinctions si tranchées entre les diverses espèces de mouvemens, et qu'ils doivent tous être embrassés par une seule loi qui doit leur être commune; car les genres de mouvement qui semblent le plus différer au premier aspect ont, outre les rapprochemens déjà établis plus haut, des connexions qu'il serait difficile de ne pas remarquer : par exemple, plusieurs des expériences contenues dans la première section ont fait voir que les vibrations tangentielles longitudinales et les vibrations normales avaient, à l'occasion du même son, des lignes de repos qui leur étaient communes: cette circonstance, qui se vérifie encore à l'occasion d'un ébranlement direct, semble aussi bien propre pour montrer que les deux mouvemens ont entr'eux des liaisons intimes : pour constater ce résultat, il faut prendre une verge de verre longue, mince et étroite, par exemple, d'environ sept décimètres de longueur, d'un centimètre de largeur et d'un peu plus d'un millimètre d'épaisseur, afin de pouvoir avec facilité y produire un grand nombre de subdivisions lors du mouvement normal : on commence par lui imprimer le mouvement tangentiel longitudinal, et l'on observe la disposition des lignes que trace le sable sur chaque face; ensuite l'on mesure la distance qui existe entre l'une de ces lignes et la ligne la plus rapprochée, mais prise sur la face opposée : cette distance sera à-peu-près égale à celle qui existerait entre deux nœuds de la verge, si elle rendait le même son en vibrant dans une direction normale à ses faces : c'est-à-dire que, pour obtenir le même son dans les deux genres de mouvement, il faut

que le nombre des nœuds donnés par les vibrations normales soit le double de celui des vibrations tangentielles longitudinales, ou autrement que les nœuds des vibrations longitudinales se marquent sur les deux faces, sans se déranger beaucoup quand les vibrations deviennent normales. Je dis sans qu'ils se dérangent beaucoup, parce qu'ils se déplacent toujours un peu, puisque, dans les vibrations longitudinales, les nœuds sont plus rapprochés les uns des autres vers le milieu de la verge qu'aux extrémités, tandis que lors des vibrations normales ils sont équidistans ; mais le rapport des nœuds des deux mouvemens est constant.

Dans les corps composés de faces parallèles, pour les trois genres de mouvemens que nous avons reconnus, les molécules oscillent toujours dans des droites parallèles à quatre des faces du corps, et normales aux deux autres faces ; mais lorsque les oscillations des molécules se font dans des directions obliques, alors le phénomène devient plus compliqué ; et de plus, comme on ne peut l'étudier qu'à l'aide d'un ébranlement secondaire, il serait très difficile de déterminer par des expériences précises quelles sont les transformations successives que subissent les mouvemens de transport dans le passage du mouvement tangentiel longitudinal au mouvement tangentiel transversal, ou dans celui du mouvement tangentiel transversal au mouvement normal : néanmoins, dans la première section, j'ai rapporté plusieurs exemples de transformations de cette nature. Mais les seuls phénomènes qui m'aient paru constans dans toutes ces transformations qui ont lieu d'un mouvement à un autre par des oscillations des molécules plus ou moins obliques aux

surfaces des corps, c'est que les lignes nodales subissent des changemens déterminés et que les grains de sable sont mus diversement pour chaque degré d'obliquité, de sorte qu'on pourrait penser que les mouvemens de transport qui se manifestent par des saillies alternatives hors des surfaces des corps, se font toujours dans des directions perpendiculaires aux lignes droites suivant lesquelles les molécules se meuvent. On ne peut guère espérer d'avoir des expériences bien exactes sur cette matière que quand on aura trouvé des moyens d'ébranlement encore plus exempts de complication que tous ceux qu'on connaît, et surtout quand on aura des données bien positives sur la distribution des lignes nodales dans les cas simples du mouvement tangentiel.

En résumant en peu de mots tous les résultats que présente ce travail, on arrive aux notions générales suivantes :

Premièrement. Toutes les fois qu'un corps rend un son, il est le siége d'un mouvement moléculaire qui s'accompagne de phénomènes particuliers selon la direction suivant laquelle il a lieu, relativement aux faces ou aux dimensions de ce corps.

Deuxièmement. Dans tous les cas de vibrations, les molécules se meuvent toujours en ligne droite, comme on l'avait admis pour les vibrations qui ont lieu dans le sens de la longueur d'un corps.

Troisièmement. Les vibrations appelées tournantes ne sont qu'un cas particulier des vibrations normales.

Quatrièmement. Quand un corps est en vibration, il y a toujours quelques-unes de ses faces ou de ses arêtes sur lesquelles les lignes de repos ne se correspondent pas.

Cinquièmement. Dans les cylindres rigides pleins ou creux, dans les cordes qui exécutent des vibrations longitudinales, il existe une suite de points immobiles dont l'ensemble constitue une ligne de repos continue, qui tourne en rampant autour du corps.

Sixièmement. Les lois des vibrations normales se vérifient par l'expérience, même quand l'épaisseur du corps qu'on examine surpasse de beaucoup sa largeur.

Septièmement. Dans un système de corps disposés d'une manière quelconque, toutes les molécules se meuvent suivant des droites parallèles entre elles et à la droite suivant laquelle on promène l'archet; ce qui conduit à considérer un tel système comme ne formant qu'un seul corps, puisque les molécules s'y meuvent de la même manière: toutefois il est à remarquer que cela n'est vrai qu'autant que les parties du système sont unies bien intimement entre elles.

Des *Actions magnétiques ou actions analogues, produites dans tous les corps par l'influence de courans électriques très-énergiques.*

Par M. Becquerel,
Ancien Chef de bataillon du Génie.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 1er mars 1824.)

Coulomb, en 1802, présenta à la première classe de l'Institut, une série d'expériences qui tendaient à prouver que tous les corps, de quelque nature qu'ils fussent, obéissaient à l'action magnétique. Ce célèbre physicien

fit voir qu'en donnant à ces corps la forme de petits barreaux de 5 à 6 millimètres de longueur et de $\frac{3}{4}$ de millimètre au plus d'épaisseur, les suspendant à des fils de soie, tels qu'ils sortent du cocon et les plaçant entre les poles opposés de deux forts aimans, ils se mettaient dans la direction de ces aimans, et que si on les en détournait, ils y étaient toujours ramenés après des oscillations, dont le nombre était de plus de trente par minute.

Mais Coulomb, qui apportait dans toutes ses recherches une exactitude scrupuleuse, ne trouva pas d'abord de motifs suffisans pour se prononcer sur la cause du phénomène qu'il venait de découvrir. Cette action, comme il le dit lui-même, était-elle due à l'action du magnétisme de toutes les substances, ou bien à quelques particules de fer répandues indistinctement dans tous les corps et qui échappaient aux analyses chimiques les plus exactes? Dans le doute, il aima mieux attribuer le phénomène qu'il venait de trouver à des quantités de fer excessivement petites, que d'admettre dans tous les corps une propriété nouvelle qui n'était pas encore complètement démontrée à ses yeux.

Il chercha donc quelle devait être la petite quantité de fer qu'il supposait nécessaire pour produire dans les aiguilles les oscillations qu'il avait observées : il trouva, par exemple, que, dans une petite aiguille d'argent soumise à l'expérience, $\frac{1}{133119}$ de fer suffisait pour obtenir l'augmentation de vitesse dans les oscillations. Il trouva aussi que la plus grande partie des matières animales et végétales paraissaient éprouver une plus grande influence de la part des barreaux

magnétiques que les métaux purifiés par les méthodes ordinaires.

Tel est l'aperçu rapide des recherches de Coulomb sur le magnétisme développé dans tous les corps par l'influence de deux forts aimans placés à une distance très-peu considérable des deux extrémités de l'aiguille.

D'un autre côté, M. Biot, qui a répété avec le plus grand soin les expériences de Coulomb, ne paraît pas partager son opinion sur l'action que les aimans développent dans un corps quelconque : voici comment ce célèbre physicien s'exprime, en parlant des deux manières d'expliquer le phénomène, dans son *Traité de Physique* (seconde édiion, tome II, page 79) :

« L'alternative n'est pas aussi inévitable qu'elle » semble d'abord, car elle suppose que l'action éprou- » vée est réellement magnétique, et c'est ce qu'on ne » saurait entièrement affirmer. Lorsque nous voyons le » simple contact des corps hétérogènes développer des » forces électriques sensibles dont pendant long-temps » on n'a pas soupçonné l'existence, ne devons-nous pas » regarder comme possible que d'autres circonstances » développent des forces semblables ou seulement ana- » logues, dont les effets extrêmement faibles ne pour- » raient être aperçus qu'avec des appareils très-subtils ; » et l'action éprouvée par les petites aiguilles dont » Coulomb a fait usage ne serait-elle pas due à quel- » que petite force de ce genre qui nous serait encore » inconnue ? c'est ce qu'il est impossible de décider » dans l'état actuel de la science. »

M. Ampère s'est occupé de développer du magnétisme dans le cuivre : ce savant célèbre, pendant son

séjour à Genève, a fait, conjointement avec M. Auguste Delarive, des expériences sur l'influence qu'éprouve une lame de cuivre pliée en cercle de la part d'une ceinture de forts courans électriques, au milieu de laquelle elle est suspendue et qui l'entourent sans la toucher. L'action de cette influence, suivant M. Ampère, était telle qu'en présentant à un côté de cette lame un aimant en fer à cheval très-fort, on l'a vue tantôt s'avancer entre les deux branches de l'aimant, tantôt au contraire en être repoussée suivant le sens du courant dans les conducteurs environnans.

Il résulterait de cette expérience, vu l'action semblable exercée par les deux poles de l'aimant en fer à cheval sur une même portion du circuit, que l'influence du courant électrique aurait développé dans la lame un autre courant électrique, tel qu'on en observe dans un fil métallique qui communique avec les deux poles d'une pile voltaïque; mais M. Ampère s'est assuré depuis qu'il n'en était pas ainsi.

Voilà, je crois, tout ce qui a été fait pour produire dans un corps quelconque du magnétisme ou une action analogue. Je vais maintenant avoir l'honneur d'entretenir l'Académie des recherches que j'ai faites sur le même sujet.

On sait que le galvanomètre de M. Schweigger sert à multiplier les courans électriques; si donc l'on fait communiquer les deux extrémités du fil qui forme son circuit avec les deux poles d'une batterie voltaïque, il en résultera en somme un courant électrique des plus énergiques. J'ai pensé qu'en soumettant à son action un corps quelconque, il pourrait se faire qu'il en résultât

des effets quelconques ; mon attente n'a pas été trompée.

Coulomb a observé les actions de deux poles opposés de deux forts aimans sur tous les corps ; je vais actuellement soumettre ces mêmes corps à l'influence d'un courant électrique énergique. Quoiqu'il y ait sans doute de grands rapports entre ces deux modes d'action, l'expérience va nous prouver qu'il existe cependant des différences dans les effets qui en résultent.

Il est essentiel d'abord d'indiquer quelques précautions pour le succès des expériences : le galvanomètre dont on se servira aura environ cinq centimètres de longueur sur un de largeur : on rend par là plus immédiate l'action du courant électrique sur les corps à l'influence duquel on les soumet. On évitera ensuite que ces corps n'aient été travaillés avec du fer ; car il resterait sur leurs surfaces des particules extrêmement ténues de ce métal, qui les rendraient attirables à l'aimant ; on donnera aux aiguilles de petites dimensions, surtout quand les substances dont elles seront composées ne recevront qu'une faible action de la part du courant électrique ; enfin, ces aiguilles seront suspendues dans le galvanomètre, de la même manière que l'était l'aiguille aimantée.

1re *Expérience.*

Soumettons d'abord à l'influence du courant une aiguille de fer doux : elle se mettra instantanément dans une direction perpendiculaire aux contours du fil, et la distribution du magnétisme qu'elle acquerra sera la même que dans un barreau aimanté ordinaire.

Si on eût employé, au lieu d'une aiguille, un cuit fermé de même métal, l'action aurait été enco[re] la même.

2ᵉ *Expérience.*

Du deutoxide de fer, renfermé dans une petite cartouche de papier d'un millimètre de diamètre, ne se comporte pas de même que l'aiguille de fer doux. Cette cartouche, suspendue convenablement et soumise à l'influence du courant, est attirée rapidement dans le plan de l'appareil, et, après quelques oscillations, se place dans une direction parallèle aux contours du fil.

Le fer doux, réduit en limailles très-fines et placé également dans une petite cartouche de papier, se comporte comme l'aiguille de même métal.

Voilà donc deux effets bien opposés produits, dans deux substances magnétiques, par l'influence d'un courant électrique énergique. Ces deux substances, disposées de la même manière que nous venons de le dire et placées entre les deux poles opposés de deux forts aimans, éprouvent de leur part le même mode d'action, puisqu'elles viennent se placer dans leurs directions. Ainsi les deux effets différens, produits sur le fer doux et le deutoxide du même métal par l'influence du courant, semblent donc indiquer que son action n'est pas identiquement la même que celle qui émane des deux poles magnétiques.

3ᵉ *Expérience.*

Des aiguilles en cuivre, en bois, en gomme laque paraissent éprouver, de la part du courant, le même

...e d'action que la cartouche remplie de deutoxide de ...ion, seulement à un degré bien moindre. Cette expérience exige de grandes précautions, surtout quand on opère avec une petite pile. Si l'on se contentait de couvrir le galvanomètre avec une cloche de verre, la petite aiguille, dès l'instant qu'elle entrerait en mouvement, se mettrait à osciller, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, et en définitive ne se fixerait dans aucune direction. Cette instabilité tient à ce que, l'action produite par le courant électrique étant faible, les petits courans d'air qui ont lieu dans l'intérieur de la cloche viennent troubler le mouvement de l'aiguille : alors celle-ci étant toujours ramenée dans le plan de l'appareil, il en résulte qu'elle ne se fixe dans aucune direction. On obvie à cet iuconvénient en fermant les deux côtés ouverts du galvanomètre avec deux lames de verre que l'on mastique sur les bords. Ensuite on dispose l'appareil pour qu'il puisse tourner autour du fil de cocon ; on met l'aiguille dans une direction à 90° environ de celle qu'elle doit prendre ; puis l'on fait communiquer les deux extrémités de ce fil avec les deux poles d'une pile : l'aiguille se dérange de sa position d'équilibre et vient se placer dans le plan de l'appareil, où elle reste stationnaire. On obtient ce résultat avec une pile de dix bocaux, construite à la manière de M. Wollaston. Une pile plus énergique donnerait sans doute des oscillations mesurables.

Action d'un Aimant sur les substances soumises à l'influence d'un courant électrique énergique.

Nous n'emploierons que des barreaux faiblement aimantés, afin qu'ils n'agissent pas par influence sur le

magnétisme naturel des aiguilles soumises à l'expérience, et qu'ils ne puissent troubler par là les effets que nous voulons observer.

Nous avons dit, dans la première expérience, qu'une aiguille de fer doux se plaçait perpendiculairement aux contours du fil : elle devient donc, sous l'influence du courant électrique, un véritable aimant; ce que l'on reconnaît avec un barreau aimanté.

La seconde expérience nous montre qu'une cartouche de papier remplie de limailles de fer, et une autre de deutoxide de fer, n'éprouvent pas les mêmes effets de la part du courant à l'influence duquel elles sont l'une et l'autre soumises. Si l'on présente le pole d'un aimant à la cartouche qui renferme le deutoxide, on verra que ce pole agira de la même manière sur tous les points qui sont situés du même côté du galvanomètre; le pole étant changé, l'effet sera inverse : ainsi tout le magnétisme austral sera d'un côté, et le magnétisme boréal de l'autre, et la section de l'aiguille qui ne contiendra pas de magnétisme libre se trouvera dans le plan passant par son axe et par une ligne perpendiculaire à la base de l'appareil. Il est cependant possible de donner à la cartouche la distribution de magnétisme telle qu'on l'observe dans une aiguille aimantée ordinaire; il suffit de la mettre dans la direction perpendiculaire aux contours du fil et de l'y maintenir pendant quelque temps; mais si on l'en détourne, elle tend à revenir dans le plan du galvanomètre, et la distribution du magnétisme change aussitôt : cette expérience est très-délicate à faire.

L'action d'un aimant sur une aiguille faite avec une substance quelconque et soumise à l'influence du cou-

rant électrique ne m'a rien donné de satisfaisant jusqu'à présent ; il n'est pas prouvé qu'il y en ait une : de nouvelles expériences pourront fixer nos idées à cet égard.

Action d'un courant électrique sur une aiguille en bois, terminée par deux petites plaques carrées d'acier ou deux bouts de fil de fer.

Nous avons vu précédemment qu'il était facile de développer, dans une cartouche remplie de deutoxide de fer, un magnétisme tel que tous les points situés d'un même côté de l'appareil possédassent une même espèce de magnétisme; nous pouvons obtenir un effet semblable dans le fer et dans l'acier. Prenons une aiguille de bois de deux à trois centimètres de longueur et d'un millimètre de diamètre; fixons à chacune de ses extrémités, avec du mastic, une petite plaque carrée d'acier ou de fer doux, de deux millimètres de côté et de $\frac{1}{5}$ de millimètre d'épaisseur, et soumettons-la à l'influence du courant électrique; elle sera attirée rapidement dans le plan de l'appareil, et la distribution du magnétisme libre, dans les deux petites plaques, aura lieu comme dans la cartouche de deutoxide. Substituons maintenant aux plaques deux bouts de fil de fer de deux millimètres de longueur; l'aiguille se placera à environ 45°, par rapport à la direction des contours du fil; si l'on augmente la longueur des bouts de fil de fer, l'aiguille tendra de plus en plus à se mettre à 90°, et elle s'y mettra effectivement quand cette longueur sera d'un centimètre.

L'action magnétique qu'éprouve l'aiguille en bois,

ainsi préparée, de la part du courant électrique, est incomparablement plus grande que celle qu'elle reçoit quand elle est soumise seule à l'influence du courant; ainsi cette dernière action ne peut contrarier que faiblement la première.

Tels sont les premiers résultats que j'ai obtenus en soumettant tous les corps à l'influence d'un courant électrique énergique; je me propose d'étudier plus en détail ces phénomènes, qui peuvent servir à établir de nouveaux rapports entre les fluides magnétique et électrique.

NOTICE *sur une Réciprocité d'action isolante et conductrice que le platine incandescent de la lampe aphlogistique de* Davy *exerce sur les deux électricités.*

(Extrait communiqué d'un Mémoire de M. ERMAN, inséré dans le volume des *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour les années 1818 et 1819.)

ON place sur un électromètre une lampe aphlogistique (*Ann.*, t. VII, p. 207), dont le fil de platine soit en pleine incandescence jusque dans ses spires terminales supérieures. On présente au-dessus de la lampe, à une distance de 4 à 6 pouces, le pole négatif d'une pile sèche, ou bien l'armure négative d'une petite bouteille de Leyde faiblement chargée : l'électromètre divergera aussitôt, et ira avec promptitude se décharger contre ses parois. On présente ensuite, de la même manière, le pole positif ou bien l'armure positive : il n'y aura aucune divergence, ou tout au plus une divergence incomparable-

ment plus faible, et dont il faut encore déduire l'effet des actions électriques à distance.

On établit au-dessus d'une lampe aphlogistique isolée, et à la distance de 4 à 6 pouces, un petit écran de papier métallisé, ou de telle autre substance conductrice; on met cet écran en communication avec un électromètre, puis on touche la lampe avec un pole positif ou une armure positive de tension faible : aussitôt l'électromètre de l'écran divergera très-fortement et ira se décharger : cet effet se renouvellera après des intervalles fort courts; puis on répète l'expérience avec l'armure ou le pole négatif; il n'y aura aucune divergence, ou bien, dans des circonstances défavorables, une divergence à peine perceptible, déduction faite des effets d'influence.

Le tableau ci-joint offrant la marche des effets dans une expérience individuelle, peut servir à fixer les idées.

ÉCRAN AU-DESSUS DE LA LAMPE.

A la distance de	La lampe étant positive.	La lampe étant négative.
1 pouce.	L'électromètre de l'écran parcourt sa corde de 14 lignes en 1″, et se décharge de seconde en seconde.	L'électromètre de l'écran parcourt sa corde de 14 lignes en.... 345″.
2.....	En $1\frac{1}{2}''$..........	345″.
3.....	2″...........	540″.
4.....	3″...........	L'électromètre de l'écran ne diverge que d'une ligne en 150″; sa divergence totale est $2\frac{1}{2}$ lignes.
5.....	$3\frac{1}{2}''$..........	Une ligne en 210″; divergence totale, $1\frac{1}{2}$ ligne.
6.....	$4\frac{1}{2}''$..........	Une ligne en 240″; divergence totale, 1 lig. *Nota.* L'effet de l'influence n'est point déduit.

Un tableau semblable, mais inverse, représente la marche de l'électromètre de la lampe lorsque celle-ci se trouve sous l'écran électrisé, tantôt positivement, tantôt négativement, par la même pile sèche.

Il existe donc incontestablement ici une réciprocité des actions conductrices et isolantes ; la lampe conduit et transmet à l'écran l'effet positif, et point ou infiniment peu le négatif ; et l'écran, au contraire, conduit et transmet à la lampe l'effet négatif et point le positif. On retrouve cette singulière propriété dans toutes les combinaisons du même genre que l'on peut imaginer. Ainsi, par exemple, si l'on charge modérément une bouteille de Leyde de façon que son crochet soit positif, et qu'on applique celui-ci à une lampe aphlogistique isolée, une autre bouteille de Leyde plus petite dont on présente le crochet à 4 ou 6 pouces de distance du platine incandescent, se charge très-sensiblement. Si, au contraire, la première bouteille a été électrisée de manière que son crochet soit négatif, il n'y aura point charge de la seconde en répétant l'expérience. En disposant de suite un nombre quelconque d'électromètres, avec interposition d'une lampe aphlogistique à chacun pour établir la communication de l'un à l'autre, on a un système très-paradoxal, représentant une espèce de pile que l'électricité positive parcourt rapidement de droite à gauche et nullement de gauche à droite, tandis que les directions inverses sont également prononcées pour l'électricité négative ; mais comme l'auteur n'a point réussi à faire que l'effet se renforçât d'un groupe à l'autre, ce système présente plutôt quelqu'analogie avec la tourmaline. Les phénomènes électro-magnétiques n'é-

taient point connus à l'époque où M. Erman découvrit cette réciprocité d'action isolante et conductrice, et il n'a point encore publié le résultat de ses recherches postérieures sur les combinaisons électro-magnétiques du platine incandescent.

Quant à la cause de cette singulière réciprocité, il est facile de prévoir que l'on croira être arrivé enfin ici à un fait positif qui décide la question sur la nature des deux électricités, et cela en faveur de Franklin contre Dufay. Les vapeurs qui montent de la lampe électrisée en excès entraînent, dira-t-on, cet excédant avec elles et le communiquent à l'écran situé au-dessus; mais quand, au contraire, c'est l'écran que l'on a rendu positif, son excédant de fluide électrique ne saurait faire rebrousser le courant de la vapeur qui monte de la lampe, et, par exemple, celle-ci ne se charge point aux dépens de l'écran.

Cependant les détails ultérieurs du phénomène ne paraissent point comporter cette explication mécanique. En effet, ce n'est pas seulement dans le sens de la verticale que la lampe aphlogistique reçoit du dehors l'électricité négative et non point la positive; mais c'est dans tous les sens, et dans toute la concavité d'une sphère dont la lampe est le centre; ce n'est donc pas d'une émanation dans la direction ascendante du courant de vapeurs que le phénomène dépend; on aperçoit bien plutôt des traces d'un rayonnement, tel que celui de la lumière et de la chaleur. Secondement, l'effet de réciprocité a pour condition l'incandescence actuelle des derniers tours supérieurs de la spirale de platine. Si cette condition n'est point remplie, on a beau dispo-

ser l'appareil de façon qu'il émette une beaucoup plus grande quantité de vapeurs par l'incandescence des portions inférieures de la spirale. Ainsi, par exemple, 397 grains de platine qui, disposés convenablement sur la mèche, allumaient l'amadoue à 2 lignes de distance, et tenaient 400 grains d'eau en ébullition continue, ne présentaient point la réciprocité, parce que les spires supérieures n'étaient point en ignition, tandis qu'une spirale de quelques grains pesans, mais incandescente dans son sommet, agissait de la manière la plus prononcée. Troisièmement, du fer échauffé offre quelques traces de la réciprocité, mais seulement tant qu'il est en incandescence lumineuse. Ce n'est donc point d'un courant thermo-statique, lequel subsiste long-temps après l'incandescence, que l'effet dépend. M. Erman a même vu dans un grand nombre de cas que le fer produit des effets inverses de ceux du platine, émettant la négative et recevant du dehors la positive. Enfin, l'explication mécanique par le courant ascendant en faveur de l'hypothèse de Franklin, est encore en défaut, parce que la vapeur non décomposée et de haute température ne possède pas du tout la propriété de conduire l'électricité. L'auteur du Mémoire, en convenant qu'il n'existe pas encore de données assez complètes pour prononcer sur cette question, indique comme plausible l'aperçu suivant. Il existe deux électricités ; il y a entr'elles une différence spécifique d'expansibilité : la chaleur lumineuse agit pour augmenter cette expansibilité dans le même sens que la forme épointée des conducteurs augmente la tension. Si cette augmentation d'expansibilité est très-considérable, la dif-

férence spécifique des deux électricités disparaît dans la grandeur de l'effet total : c'est le cas de la flamme ; mais il existe un certain degré de chaleur qui augmente l'expansibilité dans un degré moindre, et précisément tel que le plus expansible des deux (le positif) se trouve alors en état de surmonter le pouvoir coercitif du milieu ambiant ; tandis que le moins expansif (le négatif) n'a point encore, malgré l'incrément absolu, atteint le degré d'expansion relative nécessaire pour vaincre la résistance du milieu. D'après ces prémisses, l'action du fil de platine incandescent se rattacherait au phénomène de la lumière spécifiquement différente des pointes positivement ou négativement électrisées. On n'a pas encore assez examiné s'il n'existe pas de même pour les pointes non incandescentes une différence dans la quantité d'électricité qu'elles émettent selon qu'elles sont positives ou négatives ; mais les effets si marqués d'une pile à un seul métal, se terminant d'une part en une pointe et de l'autre en une grande surface, et aboutissant à l'eau avec cette seule différence géométrique, prouvent évidemment qu'il doit exister quelque chose de pareil, et c'est précisément en s'occupant de ces piles à principe géométrique que l'auteur a été conduit à des recherches sur les pointes incandescentes.

Si la lumière solaire échauffant le sol y produisait un effet analogue à ceux dont on vient de parler, c'est-à-dire d'activer en général la répulsion électrique, mais seulement dans la juste proportion requise pour que le fluide positif seul et non le négatif pût surmonter la résistance de l'air, on aurait la raison de l'électrisation

été décrits : néanmoins nous avons pensé qu'il ne serait pas inutile d'en indiquer les manipulations.

On met dans un matras de demi-litre 45 grammes d'acide nitrique à 38 ou 40 degrés de Baumé (1,36 à 1,38 de densité), et une pièce d'argent de demi-franc, contenant 2,25 grammes d'argent pur. Lorsque la dissolution de l'argent est terminée, on la verse dans 60 gr. d'alcool au titre de 85 à 87 degrés centésimaux. Le liquide, porté à l'ébullition, se trouble bientôt et commence à déposer du fulminate d'argent : on éloigne aussitôt le matras du feu, et on ajoute successivement en plusieurs portions une quantité d'alcool égale à-peu-près à la première, pour ralentir l'ébullition, qui néanmoins continue encore d'elle-même. Lorsque l'ébullition a cessé, on laisse refroidir, on jette le fulminate sur un filtre, et on le lave avec de l'eau distillée jusqu'à ce qu'elle n'entraîne plus d'acide. Le fulminate est alors d'un blanc de neige et aussi pur que si l'on eût employé de l'argent fin. On enlève alors le filtre, on le développe sur une assiette que l'on place sur une casserole remplie d'eau à moitié, en le recouvrant d'une feuille de papier, et l'on chauffe jusqu'à l'ébullition pendant deux à trois heures. On obtient ordinairement un poids de fulminate égal à celui de l'argent employé : on devrait en obtenir à-peu-près un tiers en sus ; mais ce tiers reste en dissolution dans l'acide nitrique et dans les eaux de lavage.

Le fulminate d'argent ne détone jamais seul à la température de 100°, ni à celle de 130° ; mais il faut éviter de l'exposer au plus léger choc entre deux corps durs, même lorsqu'il est dans l'eau. On doit par consé-

comparative, que même la température du mercure bouillant n'est pas suffisante pour que le platine arrive à l'incandescence dans le gaz hydrogène carburé.

ANALYSE *du Fulminate d'argent.*

Par MM. LIEBIG et GAY-LUSSAC.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 22 mars 1824.)

LE Mémoire que l'un de nous a publié sur l'argent et le mercure fulminans, préparés par le moyen de l'acide nitrique et de l'alcool (1), avait pour but principal de démontrer que ces composés sont de véritables sels formés par des acides particuliers qu'on peut isoler et combiner avec toutes les bases. Leur analyse, et surtout celle des acides, présentait trop de difficultés pour qu'on eût pu se flatter de la donner exactement dans ce premier travail; et persuadés l'un et l'autre de la possibilité de la porter à un plus grand degré de précision, nous nous sommes réunis pour faire de cette analyse l'objet de recherches nouvelles.

Le fulminate d'argent étant très-facile à préparer, et son insolubilité permettant de l'avoir parfaitement pur, nous l'avons pris, de préférence aux autres fulminates, pour le soumettre à nos expériences. Le procédé d'après lequel nous l'avons préparé diffère peu de ceux qui ont

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.* XXIV. 294.

tion, un peu d'acide nitrique pour détruire une petite quantité de sel ammoniac qui se forme pendant l'évaporation, et qui provient de la décomposition d'un acide dont nous parlerons plus bas.

$2^g,266$ de fulminate d'argent, ainsi décomposés, ont produit $2^g,171$ de chlorure d'argent. En évaluant ce chlorure en oxide d'argent, 100 de fulminate contiennent 77,511 d'oxide d'argent.

Dans une seconde expérience, $1^g,060$ de fulminate ont donné $1^g,016$ de chlorure d'argent; ou 100 de fulminate 77,545 d'oxide d'argent.

En prenant la moyenne de ces deux expériences, 100 de fulminate d'argent renferment 77,528 d'oxide d'argent, ou

Argent,	72,187;
Oxigène,	5,341.
	77,528.

Nous admettons que tout l'argent est à l'état d'oxide, et on verra que cette supposition est extrêmement probable.

En mettant le fulminate d'argent dans une dissolution de potasse, il se sépare de l'oxide d'argent et il se forme du fulminate de potasse; mais la décomposition est très-incomplète; il continue à se précipiter de l'oxide d'argent pendant l'évaporation du liquide, même au bout de plusieurs jours, et les résultats qu'on obtient sont très-variables, et dépendent de la quantité de potasse, et sans doute de la formation de composés doubles.

100 de fulminate d'argent ont produit 27,14; 29,69; 31,45 d'oxide d'argent. Ne pouvant employer ce pro-

cédé d'analyse pour déterminer la quantité de base combinée avec l'acide fulminique, nous avons eu recours au chlorure de potassium : il ne décompose point en effet l'acide fulminique; il précipite à l'état de chlorure l'oxide d'argent combiné avec lui, et produit du fulminate de potasse.

2g,252 de fulminate d'argent, décomposés par le chlorure de potassium en léger excès, ont fourni 1g,202 de chlorure d'argent : en évaluant cette quantité de chlorure en oxide d'argent,

100 de fulminate contiennent, à l'état de base, 38,105 d'oxide d'argent.

Le fulminate de potasse obtenu dans cette expérience, décomposé par l'acide hydrochlorique, a produit 1g,210 de chlorure d'argent; ou 100 de fulminate contiennent, comme élément supposé de l'acide fulminique, 38,359 d'oxide d'argent. Ces deux quantités d'oxide d'argent diffèrent trop peu l'une de l'autre pour qu'il ne soit pas permis de conclure que le fulminate d'argent contient une quantité d'oxide de ce métal double de celle qui sature l'acide fulminique. La somme de ces deux quantités d'oxide est seulement égale à 76,464, au lieu de 77,528 qu'on aurait dû obtenir; mais la conclusion que nous venons de tirer de notre expérience n'en est pas moins très-rigoureuse (1).

---

(1) Les chlorures alcalins ayant la propriété de dissoudre un peu de chlorure d'argent, nous avons évité cette cause d'erreur de la manière suivante : nous avons commencé par évaporer presque à siccité, et nous avons versé de l'acide

Connaissant la quantité d'oxide contenue dans le fulminate d'argent, nous avons cherché à déterminer ses autres élémens, au nombre desquels sont, comme nous le savions déjà, le carbone et l'azote. Nous avons décomposé le fulminate d'argent par l'oxide de cuivre; mais, comme il nous importait beaucoup de dessécher parfaitement les matières sur lesquelles nous devions opérer, nous commencerons par décrire le procédé au moyen duquel nous croyons y être parvenus; d'autant plus qu'il est applicable à l'analyse d'une substance végétale ou animale quelconque.

Après avoir mêlé le fulminate d'argent avec l'oxide de cuivre, et avoir introduit le mélange dans un tube un peu épais en verre, de 8 à 9 millimètres de diamètre intérieur et de 3 décimètres de longueur, *a*, fig. 1, on le réunit à un tube *b* contenant du chlorure de calcium, lequel est lui-même adapté, au moyen d'un tuyau flexible de plomb *c*, à un petit récipient posé sur le plateau *p* d'une machine pneumatique. En faisant le vide dans l'appareil, l'air entraîne avec lui la vapeur d'eau et ne rentre dans le tube contenant le mélange que desséché par le chlorure de calcium. Mais, pour dégager encore mieux l'eau hygrométrique du mélange, le tube qui le contient s'enfonce, à travers un bouchon de liége, dans un tube de gros diamètre *de*, rempli d'eau que l'on peut porter à l'ébullition. La vapeur s'échappe par le tube *f*, et l'eau qui s'y condense tombe dans le

---

nitrique sur le résidu : en faisant chauffer, le chlorure de potassium a été promptement changé en nitrate, et celui d'argent n'a éprouvé aucune altération.

vase *g*, placé au dessous. En faisant alternativement le vide et le plein dans l'appareil, on conçoit que le mélange doit perdre toute son eau hygrométrique. Pour d'autres substances dont on n'aurait pas à craindre la décomposition à une température supérieure à 100°, on pourrait chauffer le tube contenant le mélange dans une dissolution saline ou acide, ou dans un bain d'huile. L'appareil qu'on vient de décrire n'exige aucun ajutage en cuivre; les jointures sont toutes faites en liége, et lorsque cette substance est de bonne qualité, l'appareil tient parfaitement le vide sans le secours d'aucun mastic, ou, au plus, en n'employant qu'un peu de colle ou de suif que l'on introduit dans les pores du liége quand il en a d'apparens.

Le mélange de fulminate d'argent et d'oxide de cuivre étant parfaitement desséché, on le décompose par l'action de la chaleur, et on recueille les gaz qui proviennent de cette décomposition; mais comme, par les procédés ordinaires, il est difficile d'obtenir leur volume réel, nous avons employé l'appareil suivant, qui le donne immédiatement.

C'est une cloche à pied *ab*, fig. 2, dans laquelle sont mastiqués, l'un en *a* et l'autre en *b*, deux anneaux ou collets ouverts en liége, destinés à diriger la petite cloche graduée *c* dans ses mouvemens. Le tube *d*, qui doit conduire les gaz dans la cloche graduée, a deux branches verticales parallèles dont l'ascendante touche presque le sommet de la cloche graduée lorsqu'elle est au plus bas de sa course, et dont l'autre passe en dehors de la cloche graduée entre les deux ouvertures des anneaux de liége. (*Voyez* le plan de l'un de ces anneaux, fig. 3.) La cloche

à pied étant remplie de mercure, et la branche ascendante du tube conducteur engagée dans la cloche graduée, on enfonce celle-ci dans le mercure, et l'air s'échappe à mesure par le tube conducteur. On fixe la cloche dans sa nouvelle position, en appuyant sur son sommet au moyen d'un bouchon de liége fixé dans une main de bois *h*, glissant le long d'une tige verticale *i*, sur laquelle elle peut être arrêtée en un endroit quelconque par une vis de pression *k*. On adapte alors le tube *m* contenant le mélange au tube conducteur, et on pince ce dernier entre les deux mâchoires du support en bois *l*, qui se rapprochent au moyen d'une vis, et s'écartent par leur propre ressort. On met exactement le mercure de la cloche graduée de niveau avec celui qui forme le bain, et l'on note le volume qu'occupe l'air dans la cloche graduée, ainsi que la température à laquelle il se trouve. Lorsqu'on décompose le mélange, les gaz qui se dégagent dépriment le mercure dans la cloche graduée; mais, en faisant glisser convenablement la main de bois le long de sa tige, on maintient à-peu-près le mercure à son niveau primitif, en ajoutant toutefois du mercure pour remplir l'espace que laisse la cloche en sortant du bain. Quand la décomposition est achevée, on enlève le feu, et, après le refroidissement de l'appareil, on ramène le mercure au même niveau dans la cloche et dans le bain, et on observe la température. Il est clair que le volume d'air contenu dans la cloche graduée, après l'opération, moins celui qui y était contenu avant, représente exactement le volume des gaz qui sont le résultat de la décomposition, en supposant que l'on ait fait les corrections de tempéra-

ture et de pression barométrique; mais comme toute l'opération dure au plus une demi-heure, on aura rarement besoin de les faire.

On recueille ordinairement l'eau qui se dégage, pendant la décomposition par l'oxide de cuivre d'une substance hydrogénée, en la faisant passer sur du chlorure de calcium renfermé dans un tube placé entre le tube conducteur et celui qui renferme le mélange; mais la disposition suivante, qui consiste à introduire le chlorure dans le tube même où se fait la décomposition, nous a paru plus avantageuse.

On prend un tube de verre très-mince *n*, fig. 4, d'un diamètre extérieur presque égal au diamètre intérieur du tube *m* contenant le mélange; on lui soude un petit tube *o*, auquel doit être adapté un bouchon de liége entrant à frottement dans le tube *m*, et, après l'avoir rempli de chlorure de calcium, on l'effile à l'autre bout *p*, en y laissant une petite ouverture. On en détermine le poids et on le place dans le tube *m*, comme le montre la figure 2; les gaz ne trouvent alors pour s'échapper d'autre issue qu'à travers le tube au chlorure, et y déposent leur humidité. Lorsqu'on a introduit le mélange dans le tube *m*, il faut avoir l'attention qu'il y laisse un espace vide *ms* au-dessous de la paroi supérieure du tube, afin qu'il ne soit pas projeté en avant par les gaz au moment où ils se dégagent. Enfin, on a souvent recommandé l'usage de la lampe à esprit-de-vin pour produire la décomposition du mélange; mais nous trouvons beaucoup plus commode de placer le tube à nu sur une grille en fil de fer, supportée par un fourneau dont le cendrier et la porte sont fermés, et de l'envelopper suc-

cessivement de charbons rouges. On a l'avantage de pouvoir chauffer en même temps le tube dans toutes ses parties, et avec un peu d'habitude on le porte facilement au rouge obscur, sans risquer de le ramollir.

Le procédé d'analyse par l'oxide de cuivre étant d'ailleurs très-connu, nous nous bornerons à rapporter les résultats que nous avons obtenus, sans entrer dans plus de détails.

Nous avons ordinairement opéré sur 3 décigrammes de fulminate d'argent, et cinq expériences successives nous ont donné, en considérant le carbone et l'azote qui se sont dégagés comme étant à l'état de cyanogène :

Fulminate d'argent 100 ; cyanogène	17,379
	17,315
	16,921
	16,869
	17,314
Moyenne	17,160.

Dans la première expérience, on n'a aperçu aucune trace d'eau; dans la seconde, on en a obtenu 4 mill.; dans la troisième, 1 mill.; dans la quatrième, 12 mill., et dans la cinquième, 2 mill.

Quoique l'eau, dans ces diverses expériences, excepté dans la quatrième, soit en quantité peu considérable, nous ne nous sommes déterminés à la regarder comme accidentelle qu'après avoir reconnu, par

divers moyens, qu'elle n'était jamais en quantité suffisante pour faire admettre l'hydrogène au nombre des élémens du fulminate d'argent. Nous avons, en effet, opéré communément sur 3 décigrammes de fulminate, et en supposant que l'hydrogène y fût en quantité suffisante pour former avec le cyanogène de l'acide hydrocyanique, cette quantité aurait dû produire 17,6 milligrammes d'eau, qui n'auraient pu sans doute échapper à notre observation.

Nous citerons plus loin d'autres preuves de l'absence de l'hydrogène dans le fulminate, et, en attendant, nous conclurons que ce composé est formé de :

Argent,	72,187;
Oxigène,	5,341;
Cyanogène,	17,160;
Perte,	5,312.
	100,000.

La perte 5,312 est sensiblement égale à la quantité d'oxigène combinée avec l'argent; elle ne peut être attribuée ni à de l'hydrogène, qui, en supposant qu'il y en eût de combiné avec le cyanogène pour former de l'acide hydrocyanique, ne s'élèverait qu'à 0,651; ni à de l'eau, dont nous n'avons jamais trouvé à beaucoup près une quantité qui lui soit égale : par conséquent on ne peut l'attribuer qu'à de l'oxigène que renferme l'acide fulminique. Dans cette supposition, qui sera vérifiée plus loin, le fulminate d'argent renferme :

2 atomes d'argent;
2 d'oxigène combinés avec l'argent;
2 d'oxigène combinés avec les élémens de l'acide fulminique;
2 cyanogène = { 2 atomes d'azote; 4 de carbone.

De cette analyse il résulte évidemment que le fulminate d'argent ne contient point assez d'oxigène pour changer tout son carbone en acide carbonique. L'examen du résidu que laisse le fulminate d'argent décomposé par l'oxide de cuivre, et dans lequel on reconnaît du cuivre à l'état métallique, en donne une preuve incontestable; mais il ne serait pas facile de déterminer par ce moyen quelle est réellement la quantité d'oxigène qui manque.

Il eût été important de connaître les produits de la détonation immédiate du fulminate d'argent : aussi n'avons-nous pas manqué de faire quelques essais dans cette vue; mais nous avons été bientôt forcés d'y renoncer à cause de la rupture des vases, qui a lieu avec une très-petite quantité de fulminate, et du danger inséparable de ce genre d'expériences.

Il paraissait, au contraire, très-aisé de déterminer les produits de la décomposition du fulminate d'argent par la chaleur, après l'avoir mêlé avec des substances ne pouvant lui fournir d'oxigène.

Celle qui nous avait d'abord paru préférable était le verre réduit en poudre impalpable; mais chaque fois que l'on a essayé de le mélanger avec le fulminate, il

s'est fait une détonation, et la prudence nous a commandé d'abandonner ce moyen.

En employant du chlorure de potassium au lieu de verre, le mélange peut être broyé sans danger avec le doigt ou avec un bouchon de liége, après l'avoir rendu aussi intime que possible avec une petite bande de carte.

0g,397 de fulminate d'argent, décomposés par ce procédé, ont produit 30,3 centimètres cubes de gaz; avec l'oxide de cuivre, cette même quantité de fulminate en aurait donné 93,5. Les 30,3 centimètres cubes de gaz obtenu ne renfermaient point d'oxide de carbone, et n'étaient composés que d'azote et d'acide carbonique : or, d'après cette composition, si tout l'oxigène du fulminate eût été employé à former de l'acide carbonique, et que l'azote se fût dégagé avec lui, on aurait dû obtenir, en se rappelant que, dans la combustion complète du fulminate par l'oxide de cuivre, l'azote fait le $\frac{1}{3}$ du volume total, et l'acide carbonique les $\frac{2}{3}$:

Azote.............	$=\frac{1}{3}$ de 93,5	$=$ 31,17;
Acide carbonique...	$=\frac{1}{3}$ de 93,5 (1)	$=$ 31,17.
		62,34.

Une aussi grande différence entre le résultat du calcul et celui de l'expérience nous a déterminés à examiner

(1) Nous disons $\frac{1}{3}$ de 93,5, parce que, dans notre expérience, il n'a pu se former que la moitié de l'acide carbonique qui se serait formé si la combustion du carbone eût été complète.

le résidu de la distillation, qui était d'un gris noirâtre. Nous avons reconnu, en en traitant une portion connue par l'eau, qu'il était très-alcalin, et que ce qui n'a pas été dissous contenait beaucoup de chlorure d'argent. Ainsi, par le concours de l'argent et de l'oxigène contenu dans le fulminate, une partie du chlorure de potassium avait été décomposée et changée en chlorure d'argent et en potasse, et celle-ci s'était combinée avec de l'acide carbonique : cette circonstance explique suffisamment pourquoi on a obtenu un volume de gaz si peu considérable.

Pendant la décomposition du fulminate d'argent mêlé avec le chlorure de potassium, on a obtenu une petite quantité de carbonate d'ammoniaque qu'on a eu soin de rassembler dans un même endroit du tube en l'enveloppant d'une bande de papier qu'on arrosait de temps en temps avec de l'éther pour le refroidir. Dans l'intention de déterminer la quantité d'acide carbonique combinée avec l'ammoniaque, nous avons fait passer dans un tube sur le mercure de l'acide hydrochlorique liquide, et un petit fragment de marbre insuffisant pour le neutraliser. Nous avons eu soin de bien agiter, pour favoriser la dissolution du gaz carbonique dans l'acide hydrochlorique, et quelque temps après nous avons introduit dans ce dernier la portion du tube sur laquelle s'était condensé le carbonate d'ammoniaque : l'effervescence a été très-sensible; mais le gaz dégagé ne s'élevait pas à un quart de centimètre cube. Par conséquent, la quantité de gaz ammoniac contenue dans le carbonate ne pouvait s'élever à un demi-centimètre cube.

Le résidu de la décomposition du fulminate d'argent

devant contenir du carbone, on l'a distillé avec de l'oxide de cuivre. On a obtenu 45,4 centimètres cubes de gaz, qui, réunis aux 30,3 qu'on avait obtenus primitivement, font un total de 75,7 centimètres cubes : la différence entre cette quantité et celle de 93,5 qu'on aurait dû obtenir est encore très-grande ; mais la potasse qui s'est formée a dû nécessairement retenir une portion d'acide carbonique, et d'ailleurs on n'a pas porté dans cette expérience toute l'exactitude convenable.

Le chlorure de potassium n'ayant pas bien rempli notre objet, nous avons employé du sulfate de potasse calciné et réduit en poudre très-fine, que l'on peut broyer sans danger avec le fulminate d'argent.

0g,345 de fulminate mêlés avec environ vingt fois autant de sulfate de potasse et desséchés dans le vide, ont produit, à la distillation, 37,3 centimètres cubes de gaz : cette même quantité de fulminate, distillée avec l'oxide de cuivre, en aurait fourni 81,4. Le résidu, chauffé avec de l'oxide de cuivre, a encore laissé dégager 38 centimètres cubes de gaz ; mais on a remarqué qu'il était un peu rutilant, et qu'il s'était, par conséquent, formé de l'acide nitreux ; sans doute parce que, pour ne pas trop augmenter le volume du mélange, on lui avait ajouté une trop petite proportion d'oxide de cuivre. Il s'est aussi produit une petite quantité de carbonate d'ammoniaque, qui nous a paru inférieure à celle obtenue dans l'expérience précédente, et l'on n'a aperçu aucune trace d'eau : ce qui semble prouver que la formation de l'un de ces composés exclut celle de l'autre. Or, en supposant que tout l'hydrogène combiné avec le cyanogène dans le fulminate d'argent se fût combiné avec de l'azote

pour former de l'ammoniaque, on aurait dû obtenir une quantité de carbonate d'ammoniaque très-appréciable.

En effet, les $0^{g},345$ de fulminate décomposés par l'oxide de cuivre auraient dû fournir 81,4 centimètres cubes de gaz, composés de $\frac{2}{3}$ en acide carbonique et $\frac{1}{3}$ en azote. Et comme il y a dans l'acide hydrocyanique autant d'hydrogène en volume que d'azote, 81,4 centimètres cubes en représentent $\frac{81,4}{3}=27,13$ de gaz hydrogène, lesquels, combinés avec leur tiers d'azote, auraient dû produire $\frac{27,13+9,04}{2}=18,08$ de gaz ammoniac : cette quantité aurait absorbé 9,04 de gaz carbonique pour former du carbonate d'ammoniaque, et la diminution totale qui serait résultée tant de la disparition du gaz carbonique que de celle de l'azote, aurait été égale à 18,08 centimètres cubes. Dans notre expérience, malgré la formation de l'acide nitreux, on a obtenu 75,3 centimètres cubes de gaz, dont la différence avec 81,4 est bien loin d'être égale à celle qu'on aurait dû obtenir si tout l'hydrogène supposé eût été employé à former de l'ammoniaque. On ne peut pas, d'ailleurs, admettre l'hypothèse qu'une portion aurait produit de l'eau ; car, ainsi que nous l'avons déjà remarqué, lorsqu'il se forme du carbonate d'ammoniaque on n'aperçoit pas la plus légère trace d'humidité ; et, de plus, nous avons constaté par une expérience directe, qu'en mouillant un peu le fulminate d'argent, on obtient alors beaucoup plus de carbonate d'ammoniaque.

Ainsi, la décomposition du fulminate d'argent mêlé avec le sulfate de potasse nous fournit une nouvelle preuve qu'il ne doit pas renfermer d'hydrogène au nombre de ses élémens.

Le fulminate d'argent, dans l'expérience précédente, ayant donné deux portions de gaz, l'une avec le sulfate de potasse, et l'autre avec l'oxide de cuivre, il était important de reconnaître la nature de chacune d'elles. Nous avons fait une nouvelle expérience entièrement dirigée dans ce but; mais voulant recueillir sans mélange d'air atmosphérique les premières portions qui devaient se dégager, nous avons cherché à faire le vide dans notre appareil.

Nous avons adapté au tube contenant le mélange un tube en cuivre *c*, fig. 5, réuni à un tube de verre *d*, pour recueillir les gaz, de près d'un mètre de longueur, et plongeant dans une cuve de mercure *m*. Sur le milieu du tube en cuivre s'en élève un autre *e* à angle droit, portant un robinet et communiquant avec une machine pneumatique au moyen d'un tuyau de plomb *i*. En faisant le vide dans l'appareil, le mercure ne peut dépasser la hauteur *h* égale à environ 76 centimètres; et en tournant alors le robinet, on ferme toute communication entre l'appareil et la machine pneumatique.

En nous servant de cet appareil, nous avons trouvé que le gaz qui se dégage pendant la distillation du fulminate d'argent avec le sulfate de potasse est composé de deux parties en volume d'acide carbonique et d'une d'azote, et que celui que l'on obtient en distillant le résidu avec l'oxide de cuivre renferme 100 parties du premier de ces gaz et 37,4 du second.

Quoique ce dernier résultat ne soit pas parfaitement d'accord avec le premier, et que les expériences que nous discutons n'aient pas toute la netteté qu'on pourrait desirer, il nous paraît néanmoins très-probable que, dans

posé d'oxigène et de cyanogène, ou, si l'on veut, d'oxigène, de carbone et d'azote.

De plus, si l'on compare les fulminates aux tartrates neutres, et les divers acides fulminiques aux divers bi-tartrates, on trouve entr'eux la plus parfaite analogie. Ainsi, un tartrate neutre de zinc, de cuivre, d'argent, de mercure, etc., n'est décomposé qu'à moitié par la potasse, de même que les fulminates de ces mêmes bases; tous les acides fulminiques forment des sels doubles avec les bases comme les bi-tartrates; l'acide fulminique à base d'argent est précipité par les acides en raison de son insolubilité dans les mêmes circonstances que la crême de tartre, et il y a beaucoup de fulminates, comme de tartrates neutres, dans lesquels les acides ne produisent point de précipité, parce que les fulminates ou les tartrates acides correspondans sont solubles : tels sont les fulminates et les tartrates de zinc et de cuivre. Enfin les fulminates ont de grands rapports avec les hyposulfites.

D'après ces analogies, il nous paraît donc extrêmement probable, pour ne pas dire certain, que les divers fulminates forment un genre de sels particuliers renfermant tous un même acide, composé seulement d'un atome de cyanogène et d'un atome d'oxigène, et qui est sans doute l'acide *cyanique*. Les fulminates neutres seraient des *cyanates*, les divers acides fulminiques des bi-cyanates, et le nombre équivalent de l'acide cyanique serait 42,792, en faisant celui de l'oxigène égal à 10. Cependant, en proposant la dénomination d'*acide cyanique*, qui paraît exprimer la nature du principe fulminant commun à tous les fulminates, nous desirons,

avant qu'elle soit adoptée, que nos résultats soient constatés par les chimistes, et, par ce motif, nous continuerons à employer, mais avec la nouvelle acception déterminée par nos expériences, les noms d'*acide fulminique* et de *fulminates*, qui, n'indiquant point la nature des composés auxquels ils sont appliqués, auront provisoirement l'avantage de ne point induire en erreur.

Quoique nous n'ayons spécialement dirigé nos recherches que vers l'analyse du fulminate d'argent, elles nous font connaître cependant la nature du fulminate de mercure et de tous les fulminates qui en dérivent; car on sait qu'en décomposant le fulminate d'argent par le mercure, on obtient exactement le même sel qu'en traitant ce dernier métal par l'acide nitrique et l'alcool.

Puisque la présence de l'argent ou du mercure n'est pas nécessaire à l'existence des fulminates, il est à présumer que l'on pourrait former directement quelques-uns de ces sels en traitant d'autres métaux que l'argent et le mercure par l'acide nitrique et l'alcool; mais comme il est tout-à-fait probable que c'est l'insolubilité des fulminates d'argent et de mercure qui a déterminé leur formation, on doit s'attendre à n'obtenir directement des fulminates par d'autres métaux que lorsqu'ils seront également peu solubles. Nous avons traité du cuivre de la même manière que l'argent ou le mercure : il ne s'est point formé de cuivre fulminant; mais, en saturant le liquide acide par de la potasse, il s'est fait un précipité d'un assez beau vert, qui ne détonait point, et qui s'est dissous complètement dans un excès d'alcali, et la dissolution était colorée en bleu comme celle du cuivre dans l'ammoniaque. Ce résultat prouve que l'oxide de cuivre était

combiné avec quelque matière particulière, car, séparé de ses sels par la potasse, il n'y est point entièrement soluble. Le précipité, bien édulcoré, a été traité par l'acide hydrosulfurique : on a obtenu un liquide faiblement acide qui avait la propriété de donner avec l'oxide de cuivre et la potasse une couleur bleue très-intense. Nous n'avons pas donné plus d'attention à ce fait, qui paraît annoncer l'existence d'un composé nouveau.

En nous rappelant la propriété qu'a l'amer de Welter de former avec les bases des sels détonans, nous n'avons pu nous défendre de chercher de l'analogie entre ce composé et l'acide des fulminates, quoique d'ailleurs intimement persuadés qu'ils ne sont pas de même nature. L'analyse des sels formés par l'amer pouvait seule nous éclairer sur cet objet; mais n'ayant pu consacrer que peu de temps à la préparation de cette substance, et n'ayant pas réussi à en obtenir une quantité suffisante de pure, nous avons été forcés de remettre cette analyse à une époque plus éloignée.

La nature des fulminates paraissant déterminée, nous avons fait quelques essais pour en séparer l'acide fulminique; mais tous ont été infructueux : car, ou les fulminates ne sont point décomposés par les acides, ou, lorsqu'ils le sont, l'acide fulminique l'est aussi en donnant des produits particuliers sur lesquels nous allons présenter quelques observations, bien qu'elles soient très-imparfaites.

Les trois acides hydrochlorique, hydriodique et hydrosulfurique décomposent, même à froid, le fulminate d'argent.

Avec l'acide hydrochlorique il se dégage beaucoup d'acide hydrocyanique, mais on n'aperçoit ni ammoniaque ni acide carbonique. Il se forme un acide par-

ticulier contenant du chlore, du carbone et de l'azote, qu'il est facile d'obtenir pur en versant peu à peu de l'acide hydrochlorique sur le fulminate d'argent jusqu'à ce que le liquide filtré ne soit plus troublé par cet acide : il jouit des propriétés suivantes.

Sa saveur est piquante ; il rougit fortement le papier bleu de tournesol ; il ne précipite pas le nitrate d'argent ; il neutralise les bases, et possède alors la propriété de colorer en rouge foncé le perchlorure de fer ; il l'acquiert aussi après quelques heures d'exposition à l'air, parce qu'il s'en décompose une partie qui produit de l'ammoniaque, laquelle sature l'autre partie : la chaleur accélère cette décomposition. Combiné avec la potasse et évaporé à siccité, on obtient de l'ammoniaque, et le résidu fait effervescence avec les acides et précipite le nitrate d'argent.

2g,070 de fulminate d'argent, exactement décomposés par l'acide hydrochlorique, ont produit 1g,984 de chlorure d'argent, qu'on a enlevé du filtre par le moyen de l'ammoniaque.

Le nouvel acide étant mêlé avec de l'acide hydrocyanique, qui précipite, comme on sait, le nitrate d'argent, nous avons employé le procédé suivant pour déterminer la quantité de chlore qu'il contient.

Nous avons mis dans l'acide de la potasse en excès, et vers la fin de l'évaporation dans une capsule de platine, nous avons ajouté du nitre et fait rougir pour décomposer le cyanogène ; nous avons ensuite saturé l'alcali libre et précipité par le nitrate d'argent. Le poids du chlorure d'argent obtenu s'est élevé à 4g,820, qui sont presque deux fois et demie le poids du chlorure obtenu

en décomposant le fulminate par l'acide hydrochlorique. Dans une autre expérience, les deux quantités de chlorure d'argent étaient entre elles dans le rapport de 1,762 à 4,425, qui est aussi celui de 1 à 2,5.

Si ces résultats sont exacts, on ne peut admettre que tout le chlore existe sans hydrogène dans le nouvel acide; car le fulminate d'argent, ne contenant que 4 proportions d'oxigène et 2 de cyanogène, ne pourrait détruire que l'hydrogène de 6 proportions d'acide hydrochlorique, en supposant encore que tout le cyanogène se changeât en acide hydrocyanique. Or, il en reste une portion dans le nouvel acide, et l'on obtient 7 proportions de chlorure d'argent : il faut donc qu'une partie du chlore soit combinée avec de l'hydrogène dans le nouvel acide.

Dans l'intention d'obtenir quelques lumières à cet égard, nous avons essayé d'évaluer la quantité d'acide hydrocyanique qui se dégage lorsqu'on traite le fulminate d'argent par l'acide hydrochlorique.

On a mis, fig. 6, un poids connu de fulminate d'argent avec de l'eau dans un flacon à trois tubulures, posé dans un bain-marie, et on a ensuite versé de l'acide hydrochlorique par le tube *f* sur le fulminate. Pour faciliter la volatilisation de l'acide hydrocyanique, on a fait passer dans le liquide un courant de gaz hydrogène fourni par le flacon *a*, dans lequel on entretenait un mélange de zinc et d'acide sulfurique. Le gaz hydrogène traversait un tube *d* contenant des fragmens de marbre avec un peu d'eau, et s'échappait ensuite à travers une dissolution de nitrate d'argent contenue dans la cloche à pied *e*. Nous espérions obtenir du cyanure d'argent; mais, à notre grande surprise, il ne s'est fait aucune précipitation, quoi-

que nous nous fussions assurés que la même dissolution d'argent donnait un abondant précipité lorsqu'on y versait de l'acide hydrocyanique.

L'acide hydriodique se comporte avec le fulminate d'argent comme l'acide hydrochlorique. Il se dégage de l'acide hydrocyanique, et il se forme un acide particulier contenant de l'iode qui a la propriété de précipiter immédiatement en rouge foncé le perchlorure de fer.

En faisant passer un courant de gaz hydrosulfurique dans du fulminate d'argent en suspension dans l'eau, le fulminate est aussi décomposé; on obtient du sulfure d'argent et un acide particulier, dont le soufre est un des élémens; mais on n'aperçoit point l'odeur de l'acide hydrocyanique.

Ce nouvel acide a une saveur douceâtre; il colore immédiatement le perchlorure de fer en rouge foncé; on peut évaporer sa dissolution, et le concentrer sans qu'il se décompose. Combiné avec la potasse, et évaporé à siccité, il n'éprouve point d'altération.

2g,268 de fulminate d'argent, traités par l'acide hydrosulfurique, ont produit du sulfure d'argent qui, traité par l'acide nitrique et ensuite par l'acide hydrochlorique, a donné 2g,173 de chlorure d'argent.

Le nouvel acide, saturé par la potasse, évaporé et chauffé au rouge dans une capsule de platine avec du nitre, puis saturé et précipité par le chlorure de barium, a produit 1g,860 de sulfate de baryte, représentant 2g,289 de chlorure d'argent. Ces deux quantités de chlorure, n'étant pas très-différentes, semblent pouvoir faire admettre que, dans l'acide fulminique, le soufre remplace exactement l'oxigène, atome pour atome; ce-

pendant une deuxième expérience nous a donné pour le sulfate de baryte une proportion un peu plus faible que dans la première.

L'acide fluorique n'a aucune action sur le fulminate d'argent; on ne peut en chercher la cause dans la solubilité du fluorure d'argent, puisque le fulminate de cuivre est parfaitement décomposé par l'acide hydrochlorique. Ce fait nous paraît important pour l'histoire encore un peu problématique de l'acide fluorique.

Les trois acides particuliers dont nous venons de parler colorant en rouge foncé le perchlorure de fer, doivent avoir un principe commun, cause de cette propriété : il est digne de remarque que l'amer peu fulminant dont M. Chevreul a fait connaître plusieurs propriétés, et l'acide sulfo-cyanique de M. Porrett, donnent au perchlorure de fer la même couleur rouge.

L'acide oxalique décompose le fulminate de cuivre et celui d'argent; il se produit de l'acide hydrocyanique et de l'ammoniaque; on n'aperçoit pas d'effervescence; ce qui semblerait prouver qu'il ne se forme pas d'acide carbonique. L'acide sulfurique donne des résultats semblables.

Nous remarquerons, pour la préparation des fulminates alcalins, que, l'acide fulminique ayant la propriété de former des sels doubles très-variables, il est préférable, pour obtenir, par exemple, le fulminate double d'argent et de potasse, de décomposer le fulminate d'argent par le chlorure de potassium. On peut l'obtenir pur immédiatement, en n'employant qu'une quantité de chlorure justement suffisante pour précipiter la moitié de l'argent combiné avec l'acide fulminique, ou

plutôt un peu moins, puisque le fulminate d'argent qui ne serait pas décomposé, étant très-peu soluble, resterait avec le chlorure d'argent. Cependant on peut reconnaître facilement le terme de la décomposition totale du fulminate d'argent par un chlorure en opérant à chaud, parce que, le fulminate étant alors légèrement soluble, on obtient un précipité, s'il en reste qui ne soit pas décomposé, en ajoutant un peu de chlorure. Nous rappellerons que tous les fulminates, simples ou doubles, détonent avec une extrême facilité, même dans l'eau, et qu'on doit éviter de se servir de baguettes de verre pour agiter le liquide dans lequel il s'en trouve sans être en dissolution. Il nous est arrivé de faire détoner, par ce moyen, du fulminate d'argent et de baryte dans une capsule de porcelaine, et l'accident, qui heureusement n'a pas eu de suites fâcheuses parce que la plus grande partie du fulminate était en suspension dans le liquide, et que celui-ci était à peine tiède, aurait été terrible sans ces deux circonstances réunies.

Nouveau Composé *d'iode, d'hydrogène et de carbone ou proto-hydriodure de carbone.*

Par M. Serullas.

La combinaison de l'iode et du carbone, que je suppose pouvoir s'opérer dans quelque cas où ces deux corps se rencontreront à l'état naissant, a été, dans ces derniers temps, l'objet de mes recherches. Les diffé-

rentes tentatives que j'ai faites pour produire ce composé inconnu ont été sans succès jusqu'à présent; mais elles m'ont conduit à la connaissance d'autres faits qui ne sont pas dénués d'intérêt.

La première de ces tentatives est le renouvellement d'une expérience dont il a été question dans mon dernier Mémoire, à l'occasion de l'analyse de l'hydriodure de carbone, et qui consiste à traiter cet hydriodure de carbone par le chlore. J'espérais pouvoir faire changer les premiers résultats qui y sont consignés, en faisant varier et les proportions des deux corps et les circonstances dans lesquelles je les mettrais en contact, le chlore me paraissant devoir, en raison de son affinité pour l'hydrogène, s'en emparer, et laisser l'iode et le carbone unis ensemble. L'idée de cette expérience, sur laquelle on pouvait raisonnablement fonder beaucoup d'espoir, m'a été suggérée par celle de M. Faraday, dans laquelle il expose de l'hydro-carbure de chlore à l'action prolongée du chlore et de la lumière solaire, pour en éliminer l'hydrogène et obtenir, ainsi qu'on l'obtient en effet, du chlorure de carbone (1). Mais, quelques modifications que j'aie apportées dans la manière de faire agir le chlore sur l'hydriodure de carbone, même celui-ci étant en grand excès, il s'est formé constamment du chlorure d'iode, de l'acide hydrochlorique, du gaz

---

(1) Cette matière cristalline avait été observée, mais non étudiée, il y avait déjà plusieurs années, par MM. Robiquet et Colin, dans leur intéressant travail sur la nature de la matière huileuse des chimistes hollandais. (*Annales de Chimie et de Physique*, tome I.)

chloroxicarbonique, s'il y avait de l'humidité, ou de l'hydro-carbure de chlore dans le cas contraire.

2°. De l'hydriodure de carbone, en quantités variées, a été projeté dans des flacons contenant du chlorure d'iode solide : même action que dans le cas précédent, excepté que le sous-chlorure d'iode qui en résulte aussi est très-chargé d'iode.

3°. De l'huile de naphte pure et distillée, considérée, d'après sa composition, comme de l'hydrogène carboné liquide, a été également versée différentes fois, en changeant les quantités, sur du chlorure d'iode, comptant toujours que le chlore enlèverait l'hydrogène, en laissant l'iode et le carbone à l'état de combinaison. L'action, dans ce cas, est très-vive; il y a développement d'une forte chaleur, séparation de l'iode et formation d'une grande quantité d'acide hydrochlorique qui se dégage avec violence. L'huile de naphte, qui a perdu une portion de son hydrogène, se combine à du chlore, formant une espèce d'hydrocarbure de chlore avec lequel l'iode reste intimement mêlé, et donne une masse demi-solide qui se précipite entièrement sous l'eau. En traitant ce produit par une dissolution de potasse caustique, l'iode disparaît à l'aide de l'agitation, et il reste un liquide jaunâtre plus dense que l'eau, surnagé de quelques flocons blanchâtres. L'une et l'autre de ces matières, purifiées par leur dissolution dans l'alcool, et épaissies, après filtration, par une douce évaporation, ont donné, dans leur décomposition à travers des fragmens de porcelaine incandescens, outre de l'hydrogène carburé et un dépôt de charbon, beaucoup d'acide hydrochlorique.

C'est donc un composé d'huile de naphte et de chlore, ou, comme je l'ai dit, une espèce d'hydrocarbure de chlore qui n'est pas altéré par la potasse caustique, mais dont la saveur et l'odeur particulières ne ressemblent aucunement à celles de l'hydrocarbure de chlore, résultant de la combinaison de l'hydrogène carburé et du chlore.

On sait que le passage d'un courant de chlore à travers de l'huile de naphte n'y apporte pas les mêmes changemens que ceux qui viennent d'être indiqués; qu'il y a seulement production d'acide hydrochlorique sans que l'huile de naphte retienne du chlore; que l'augmentation de densité qu'elle acquiert dans ce cas est très-faible, puisqu'elle reste toujours moindre que celle de l'eau. L'état naissant du chlore, dans l'expérience précédente, rend raison de cette différence.

4°. Du perchlorure de phosphore a été mêlé exactement avec de l'hydriodure de carbone très-sec, dans des proportions que je n'ai pas rigoureusement établies, mais que j'évalue approximativement à parties égales. Ce mélange, renfermé soigneusement dans un petit flacon bouché à l'émeri, a été abandonné à la lumière solaire. Plus de trois mois s'étaient écoulés sans qu'on y remarquât de changement, lorsque presque tout-à-coup, du moins du jour au lendemain, le mélange que j'avais journellement sous les yeux, de jaune pâle et pulvérulent qu'il était, s'est trouvé coloré en rouge très-foncé et séparé en deux parties : l'une, solide, adhérait aux parois latérales du flacon, et l'autre, liquide, en moindre quantité, en occupait le fond. Ignorant l'espèce de réaction qui avait eu lieu et si elle était achevée, je

laissai les choses dans le même état pendant plusieurs jours, dans la supposition qu'un certain temps était encore nécessaire pour qu'elle se complétât.

Le flacon étant hermétiquement bouché, il y avait certitude que le liquide qu'il contenait n'était pas de l'eau provenant de l'atmosphère ; ce qui aurait pu arriver dans le cas où l'air aurait eu accès dans le flacon, vu la propriété qu'a le perchlorure de phosphore d'attirer promptement l'humidité. C'était donc un produit nouveau formé aux dépens des substances renfermées.

En ouvrant le flacon, je fus frappé de l'odeur : elle était absolument la même que celle que donne l'hydriodure de carbone dans sa décomposition par la chaleur : j'y versai une petite quantité d'eau ; la partie solide s'y dissolvit presque aussitôt en la colorant en jaune. La partie liquide conserva sa couleur rouge et se plaça sous l'eau ; l'addition d'une dissolution de potasse caustique en opéra la décoloration à la suite d'une assez longue agitation. Le liquide, ainsi décoloré, fut séparé de l'eau au moyen d'un entonnoir à tige longue et capillaire, ainsi que cela se pratique pour la séparation des liquides de différentes densités ; exposé à l'air, il se colorait aussitôt en rose, et semblait se rapprocher, par l'odeur et la saveur, de l'hydrocarbure de chlore ; mais je trouvais que l'odeur en était plus agréable et la saveur plus franchement sucrée.

Cependant ma pensée resta fixée sur la probabilité de la formation de l'hydrocarbure de chlore, d'un phosphure et d'un chlorure d'iode, par suite de la réaction du perchlorure de phosphore sur l'hydriodure de carbone, et j'essayai de reconnaître, par la décomposition

de ce corps, la cause des différences qu'il présentait dans ses propriétés physiques.

Quelques gouttes du liquide supposé être de l'hydrocarbure de chlore, mais modifié par la présence de quelqu'autre substance, furent mises dans une petite fiole et volatilisées à travers des fragmens de porcelaine placés dans un tube de verre fortement chauffé, et disposé de manière à recueillir sur le mercure les produits gazeux auxquels la décomposition devait donner lieu. Le liquide se colora en rouge en donnant beaucoup de vapeurs violettes, laissa un dépôt de charbon, et du gaz acide hydrochlorique en assez grande abondance se rendit sous les cloches. Le contact de ce gaz avec le mercure, la solubilité entière, par l'ammoniaque, du précipité que produisait le nitrate d'argent dans l'eau à laquelle on le faisait absorber, éloignaient tout doute qu'on aurait pu avoir sur la coexistence d'une certaine quantité d'acide hydriodique.

Je crus donc, en voyant cette production d'acide hydrochlorique en même temps que l'apparition des vapeurs d'iode, que le liquide que je venais d'examiner était effectivement de l'hydrocarbure de chlore, mais qui tenait probablement en dissolution une certaine quantité d'hydriodure de carbone échappée à la décomposition.

J'imaginai, comme un bon moyen de m'éclairer sur cette conjecture, de produire artificiellement un mélange d'hydrocarbure de chlore et d'hydriodure de carbone, et de soumettre celui-ci et l'autre comparativement aux mêmes épreuves : c'est ce que j'ai fait en dissolvant jusqu'à saturation de l'hydriodure de carbone dans de l'hydrocarbure de chlore pur et distillé sur du chlorure de calcium.

1°. Cette dissolution artificielle, exposée à l'air, ne s'est pas colorée immédiatement en rose comme l'autre : seulement, après plusieurs jours, elle a pris dans les flacons une teinte rougeâtre.

2°. Chauffée doucement, elle s'est volatilisée en abandonnant dans le vase, sans aucune altération, l'hydriodure de carbone qu'on y avait dissous; tandis que l'autre s'est vaporisée entièrement sans résidu.

3°. Versée sur un fragment de porcelaine fortement chauffé, elle n'a pas donné de vapeurs violettes; l'autre, dans la même circonstance, en a répandu abondamment, absolument comme l'hydriodure de carbone solide qu'on chauffe isolément, et exhalant la même odeur que lui.

4°. La dissolution artificielle, versée dans de l'acide sulfurique concentré, a d'abord surnagé, comme l'aurait fait une substance huileuse; mais en agitant avec un tube de verre, elle s'est transformée, au bout de quelque temps, en flocons orangés qui venaient dans les premiers momens à la surface, et gagnaient par le repos le fond de l'acide, duquel ils ont été séparés après y avoir séjourné quelque temps. Ces flocons, débarrassés, par le lavage dans une dissolution de potasse caustique, d'une petite quantité d'iode qui les colorait, n'étaient plus que de l'hydriodure de carbone jouissant de toutes ses propriétés. L'acide sulfurique, dans ce cas, détruit l'hydrocarbure de chlore en laissant l'hydriodure de carbone sur lequel il n'a pas d'action, ainsi que je l'ai dit dans le temps en parlant de la manière d'agir des acides sur ce dernier composé.

Le liquide naturel versé en masse se précipite d'abord

à travers l'acide sulfurique, s'y mêle par l'agitation, et le trouble en lui donnant une couleur de lie de vin. Mais il ne paraît pas qu'il subisse aucune altération; car, après un certain temps, il se rassemble en totalité au fond de l'acide, où il prend de la transparence.

5°. Quelques gouttes de la dissolution artificielle, introduites dans un petit flacon plein de chlore, n'y ont pas éprouvé de changement autre qu'une légère coloration en jaune; elles y ont conservé leur fluidité. Le liquide naturel, au contraire, versé en égale quantité dans un autre flacon de chlore, s'y est solidifié aussitôt, se trouvant transformé en chlorure d'iode jaune, lequel, dissous dans un peu d'eau, a laissé voir quelques globules d'hydrocarbure de chlore qui se sont réunis peu à peu en une seule goutte (1). Enfin, l'action du chlore sur ce liquide est exactement la même que celle qu'il exerce sur l'hydriodure de carbone solide.

J'ai pu établir, d'après ce qui précède, et ensuite sur une expérience particulière où j'ai fait passer du liquide nouveau sur de la tournure de fer incandescente, qui m'a donné un iodure de ce métal, beaucoup d'hydrogène et un dépôt considérable de charbon, qu'il résultait de l'action du perchlorure de phosphore sur l'hydriodure de carbone, du phosphure et du chlorure d'iode, un peu d'hydrocarbure de chlore, et davantage d'un liquide particulier composé d'iode, d'hydrogène et de carbone, différent de l'hydriodure de carbone solide par les proportions d'hydrogène carboné, qui seraient plus grandes dans

---

(1) J'ai reconnu plus tard que cet hydrocarbure de chlore préexistait et ne provenait pas de la dernière réaction.

celui qui est liquide (1), et qu'on devra, en conséquence, désigner sous le nom de *proto-hydriodure de carbone.*

J'ai pensé un instant que ce liquide pouvait être l'éther hydriodique découvert par M. Gay-Lussac, en le voyant doué de plusieurs des mêmes propriétés; mais des caractères essentiels les distinguent l'un de l'autre, ainsi qu'on le verra tout-à-l'heure par l'exposé que nous ferons des propriétés les plus saillantes de chacun d'eux.

On conçoit que la petite quantité du nouveau liquide que m'avait fourni, dans la première expérience, la réaction lente du perchlorure de phosphore sur l'hydriodure de carbone, avait été bientôt épuisée par quelques-uns des essais dont je viens de parler. L'attente de plusieurs mois pour m'en procurer de nouvelles quantités ne se conciliait pas avec le desir pressant d'examiner la nature d'un corps inconnu, et il me vint naturellement à l'idée que j'obtiendrais à l'instant, par la chaleur, le même effet que j'avais vu se produire par l'influence prolongée de la lumière solaire: c'est ce qui a eu lieu en effet.

De l'hydriodure de carbone parfaitement sec, et du perchlorure de phosphore, à parties égales en poids,

(1) Un gramme de proto-hydriodure de carbone, décomposé sur le fer par la chaleur, a donné 3 centilitres d'hydrogène; ce qui porterait la quantité d'hydrogène carboné qu'il contient au double de celle de l'hydriodure de carbone solide. Mais cette expérience étant unique, on ne peut encore assurer que telles sont les proportions, surtout la pureté absolue du proto-hydriodure n'ayant pas été préalablement constatée.

ont été exactement mêlés dans un mortier de verre, et introduits dans une fiole à laquelle un tube d'une seule courbure a été adapté et luté. L'appareil, tenu avec des pinces, a été présenté au feu en lui donnant assez d'inclinaison pour qu'il fît office de cornue. L'extrémité du tube plongeait dans une capsule de verre contenant de l'eau bien froide. Une chaleur graduée et suffisante pour la fusion de l'hydriodure de carbone a déterminé l'action.

Quelques vapeurs d'iode se sont d'abord montrées, et bientôt après on a vu notre liquide coloré en rouge couler dans le tube, arriver, à mesure qu'il se formait, dans l'eau, dont il occupait le fond, et où il se décolorait assez promptement. De l'iode, du chlorure et du phosphure d'iode sont restés dans la fiole. On a séparé le liquide de l'eau devenue acide, au moyen de l'entonnoir, et il a été placé sous une dissolution de potasse caustique, d'où on l'a retiré de la même manière, au bout de quelque temps, pour le laver.

Si, en dernier lieu, lorsque le liquide cesse de se former, on chauffe un peu fortement, ce qu'il faut éviter, on fait passer dans le récipient une partie des substances restées dans la fiole, lesquelles venant au contact du liquide déjà obtenu, en décomposent beaucoup ; il y a alors production d'uue forte chaleur qui se manifeste par un mouvement très-vif d'ébullition dû à la volatilisation d'une portion du corps nouveau dont la quantité diminue visiblement.

L'observation précédemment faite, que l'acide sulfurique concentré a détruit l'hydrocarbure de chlore sans avoir touché à l'hydriodure de carbone, qu'il tenait en

dissolution, a indiqué naturellement un moyen d'enlever la petite quantité d'hydrocarbure de chlore qui se forme en même temps que le proto-hydriodure de carbone. Il suffit de mêler ce proto-hydriodure de carbone avec une certaine quantité, quatre ou cinq fois son volume, d'acide sulfurique concentré, de l'y laisser séjourner et d'agiter de temps en temps avec un tube de verre (1); on le sépare ensuite à la manière accoutumée et on le lave dans une dissolution de potasse caustique, puis à l'eau. Cette épuration pourra peut-être aussi se faire par le contact prolongé de la potasse caustique, qui n'a pas d'action marquée sur le proto-hydriodure de carbone, et qui paraît décomposer l'hydrocarbure de chlore.

Il est à observer que si l'on traite de suite par l'acide sulfurique le proto-hydriodure de carbone sans l'avoir préalablement lavé avec une dissolution de potasse, il y éprouve une décomposition; ce qui ferait croire que, immédiatement après sa préparation, il retient encore un composé de chlore qui agirait sur lui dans cette circonstance. On remarque en effet que, conservé ainsi, tel qu'il a été obtenu, il répand à l'air, après un certain temps, des vapeurs piquantes d'acide hydrochlorique, et que sa saveur, outre la sensation de fraîcheur qui la distingue, a de la causticité; alors la potasse qu'on

(1) La densité du proto-hydriodure de carbone récemment préparé étant diminuée par son mélange avec de l'hydrocarbure de chlore, il reste, dans les premiers momens, assez long-temps en suspension dans l'acide sulfurique, et sa précipitation ne s'y effectue promptement qu'après la destruction de l'hydrocarbure de chlore.

ajoute dans l'eau avec laquelle on l'a lavé donne, dans le commencement, un précipité d'iode; caractère qui dénote l'existence d'un sous-chlorure d'iode.

Le proto-hydriodure de carbone vu sous l'eau où il a été reçu est blanchâtre et opaque, ce qui paraît dépendre d'un peu d'eau interposée : après avoir été agité avec la potasse caustique en dissolution et laissé en repos sous elle, il devient transparent et sa couleur est légèrement citrine (1); son odeur particulière éthérée est très-pénétrante et agréable, n'ayant pas de rapport avec celle de l'éther sulfurique; sa saveur est très-sucrée, très-persistante, accompagnée d'une sensation de fraîcheur analogue à celle que produit la menthe; sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'acide sulfurique, puisque, mêlé avec lui, il va bientôt en occuper le fond. Il est un peu soluble dans l'eau, à laquelle il communique d'une manière très-prononcée son odeur et sa saveur sucrée : le chlore en dissolution n'a pas d'action sur lui, tandis que le chlore gazeux, ainsi qu'on l'a déjà vu, le décompose subitement; l'acide sulfurique concentré ne l'altère pas non plus; exposé à l'air et même placé sous l'eau dans des vases fermés, il prend à l'instant une couleur rose qui devient de plus en plus

(1) Une portion un peu notable de proto-hydriodure de carbone a été conservée assez long-temps dans un flacon fermé, sous une très-légère couche d'une dissolution de potasse caustique, sans se colorer en rouge; en sorte que l'iode, mis à nu, a dû être en très-petite quantité : la présence de l'alcali aurait-elle, dans ce cas, d'autre influence que celle de s'emparer de l'iode?

intense; le potassium y conserve son éclat métallique; il ne s'enflamme pas au contact d'une bougie allumée. De l'oxigène saturé de la vapeur de proto-hydriodure de carbone, soit seul, soit mêlé avec des quantités variées d'oxigène pur, ne brûle pas non plus, ni par la bougie ni par le passage de l'étincelle électrique (1).

Il n'est pas nécessaire, pour la préparation de l'éther hydriodique, d'obtenir séparément de l'acide hydriodique; j'ai trouvé qu'il était plus avantageux de procéder ainsi:

---

(1) Pour établir le parallèle et voir en quoi diffère le proto-hydriodure de carbone de l'éther hydriodique, voici les propriétés principales de ce dernier corps, d'après l'auteur de sa découverte :

« L'éther hydriodique, après avoir été lavé plusieurs fois avec de l'eau, dans laquelle il est très-peu soluble, est incolore; mais, au bout de quelques jours, il prend une couleur rosée qui n'augmente pas d'intensité; son odeur est forte et analogue à celle des autres éthers (elle n'a rien de la *fragrance* agréable du proto-hydriodure, et sa saveur est un peu piquante et très-légèrement sucrée); sa pesanteur spécifique est de 1,9206 (celle du proto-hydriodure, d'après un seul essai, il est vrai, m'a paru plus forte). Il n'est point inflammable; il exhale (comme le proto-hydriodure, mais moins abondamment) des vapeurs violettes quand on le met sur des charbons ardens ou sur un fragment de porcelaine fortement chauffé; le potassium s'y conserve sans altération; le chlore en dissolution ne l'altère pas dans le moment (le chlore à l'état de gaz le décompose tout-à-coup); l'acide sulfurique concentré le brunit assez promptement, et finit par le décomposer entièrement en donnant lieu à de l'acide sulfureux et à un dépôt d'iode. »

Le phosphure d'iode étant préparé, comme l'indique M. Gay-Lussac, dans les proportions de 8 d'iode et 1 de phosphore, on le concasse promptement pour l'introduire dans une petite cornue tubulée, où déjà l'on a mis de l'alcool à 37 degrés, deux fois et demi le poids du phosphure que l'on doit employer; j'ajoute dans cet alcool une certaine quantité d'iode que le contact du phosphure fait disparaître de suite en le convertissant en acide. On adapte le récipient et l'on chauffe à feu nu pour porter à l'ébullition. Le liquide alcoolique étant entièrement passé, on opère la séparation de l'éther qu'il tient en dissolution par l'addition d'eau froide et les lavages, etc., ainsi que cela est prescrit.

Le premier alcool étant épuisé, on peut en verser sur le résidu de la cornue une nouvelle quantité équivalente à $\frac{1}{3}$ de ce qu'on a mis la première fois; on continue la distillation, qui produitencore unecertaine quantité d'éther.

Ce procédé, plus expéditif que l'autre, donne beaucoup plus d'éther; il a le grand avantage d'éviter la préparation préalable de l'acide hydriodique, qui se forme immédiatement par le contact du phosphure d'iode avec l'alcool; celui-ci éprouve une concentration avantageuse par la décomposition d'une portion de son eau dont les élémens sont nécessaires à la formation des deux acides.

Le proto-hydriodure de carbone ne s'enflamme pas au contact d'une bougie allumée; le tube sur lequel on l'y présente reste coloré en rouge. De l'oxigène saturé de la vapeur de ce même proto-hydriodure, soit seul, soit mêlée avec une autre quantité d'oxigène pur, ne brûle pas non plus, ni par la bougie, ni par le passage de l'étincelle électrique.

On reconnaît la présence de l'hydrocarbure de chlore dans le proto-hydriodure de carbone, d'abord à l'acide hydrochlorique qu'il produit lorsqu'on le décompose par la chaleur; ensuite, lorsqu'après l'avoir soumis à l'action du chlore et avoir dissous dans l'eau le chlorure d'iode qui en est résulté, on voit l'hydrocarbure de chlore qui y existait se réunir au fond de la dissolution, bien entendu que, dans ce cas, il faut faire intervenir de l'humidité, puisqu'on sait qu'avec les matériaux secs on aurait de l'hydrocarbure de chlore, provenant de l'action même du chlore sur l'hydriodure de carbone.

En résumé, on voit qu'il existe deux composés d'iode, d'hydrogène et de carbone ; l'un solide et l'autre liquide.

Le premier, le per-hydriodure, s'obtient, ainsi que je l'ai déjà dit, en versant, jusqu'à décoloration, une dissolution alcoolique de potasse caustique dans une dissolution alcoolique sur-saturée d'iode, l'alcool étant de 34 à 35 degrés. On filtre et on étend la liqueur d'une certaine quantité d'eau (1), pour évaporer à une douce chaleur jusqu'à la disparition entière de la partie alcoolique. On lave sur un filtre l'hydriodure à l'eau froide, après quoi on le fait sécher.

L'autre, le proto-hydriodure, se produit en enlevant au per-hydriodure une certaine quantité d'iode (2). On

---

(1) Cette addition d'eau est utile en ce que la cristallisation commence plus tôt, et l'alcool étant affaibli, il entraîne moins d'hydriodure dans son évaporation.

(2) Je ne pense pas que le nouveau corps prenne naissance au milieu d'une *dissociation* générale des élémens des deux substances employées dans l'expérience.

y parvient en introduisant un mélange exact de parties égales en poids de per-chlorure de phosphore et de per-hydriodure de carbone dans une fiole armée d'un tube à une seule courbure, dont l'extrémité vient plonger dans de l'eau qu'on doit maintenir très-froide ; on chauffe le mélange, etc. Il est avantageux de n'agir que sur de petites quantités à la fois, par exemple, 10 à 12 grammes de chacun ; parce que, si la masse est plus considérable, on est obligé de chauffer plus long-temps, ce qui détermine la volatilisation et l'arrivée dans le récipient d'une plus grande quantité de chlorure d'iode, dont le contact avec le proto-hydriodure donne lieu aux inconvéniens que j'ai déjà signalés.

Au surplus, il suffit que l'existence de ce nouveau corps soit connue pour qu'on s'occupe de trouver les moyens de l'obtenir plus facilement et plus abondamment.

Cette combinaison liquide d'iode, d'hydrogène et de carbone, d'une saveur sucrée, établit encore un rapport de plus entre l'iode et le chlore ; puisque ce dernier forme aussi avec l'hydrogène et le carbone un composé également liquide et sucré. Ainsi le proto-hydriodure de carbone serait à l'éther hydriodique ce que l'hydrocarbure de chlore est à l'éther hydrochlorique, et l'on peut observer que l'un et l'autre se suivent encore dans les propriétés qui les rapprochent de leur éther correspondant.

Il reste à déterminer les proportions des élémens qui constituent le proto-hydriodure de carbone. Il sera peut-être possible d'y parvenir par les mêmes procédés que j'ai employés pour le per-hydriodure, à moins que la forme liquide et la volatilité de celui que nous avons à

traiter ne soient des obstacles à l'évaluation rigoureuse des quantités qui doivent servir à l'analyse.

J'ai encore un moyen à tenter pour produire la combinaison de l'iode et du carbone : c'est celui de mettre en contact, dans différentes circonstances, du chlorure de carbone et du gaz acide hydriodique bien secs. J'ai déjà une certaine quantité d'assez beaux cristaux de chlorure de carbone de première formation; j'attends que l'hydrocarbure de chlore sur lequel je fais agir du chlore soit entièrement converti en cristaux; les opérations différentes indiquées pour les purifier me paraissent délicates et compliquées, et je ne sais si je réussirai à en avoir assez de bien purs, et surtout parfaitement desséchés, conditions indispensables pour l'expérience à laquelle je les destine.

SUR *le Magnétisme polaire d'une montagne de chlorite schisteuse et de serpentine.*

PAR Mr A. DE HUMBOLDT.

(Extrait d'une Lettre adressée à M. BECQUEREL.) (1)

Vos belles expériences sur la distribution du fluide magnétique dans certains corps m'ont rappelé la *montagne polarisante* du Fichtelgebirge en Franconie, que j'ai fait connaître en 1796, lorsque j'avais la di-

---

(1) M. Becquerel nous apprend que la distribution du magnétisme dans la roche dont il est question dans la lettre de M. de Humboldt est précisément la même que celle qui

rection des mines dans ces contrées, et que vous trouvez citée dans plusieurs *Traités de Géognosie*. Cette montagne, si remarquable par le parallélisme de ses axes magnétiques, a été examinée récemment avec beaucoup de soin par deux excellens naturalistes, MM. Goldfuss et Bischof. Voici l'ensemble des phénomènes (1) qui peuvent avoir quelque intérêt pour vous, Monsieur, et pour les savans dont les recherches embrassent les faits relatifs à la charge magnétique de notre planète. Le Heideberg, près de Zell, s'élève au milieu d'un vaste plateau, à la pente nord-ouest du Fichtelgebirge, à huit lieues de distance de la ville de Baireuth, à droite du chemin qui conduit de Baireuth à Hof. Le plateau a, d'après des mesures barométriques, 300 à 350 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer (2). La montagne est dirigée du sud-ouest au nord-est, plus exactement N. 60° E., sur 1200 toises de longueur. Cette direction est celle qu'affectent le plus généralement les roches primitives et intermédiaires de ces contrées. Le Heideberg appartient au groupe des serpentines enclavées dans les schistes chloriteux et amphiboliques, non aux serpentines qui constituent plus particulièrement la formation des eupho-

---

se manifeste dans une petite cartouche de papier remplie de deutoxide de fer, et soumise à l'influence d'un courant électrique très-énergique. (R.)

(1) Humboldt, dans le *Int. Bl. der Jenaer Allg. Litteratur Zeit.*, 1796, p. 1447; *Jahrg.*, 1797, p. 523 et 564; *Goldfuss* et *Bischof*, *Beschr. des Fichtelgebirges*, 1817. T. I, p. 193-204. T. II, p. 168.

(2) Zelle 352 toises, Gefrees 293 t., Steben 334 t.

tides ou du gabbro. Je n'ignore pas (1) que ces dernières renferment aussi quelquefois de l'amphibole disséminée; mais en s'arrêtant aux caractères généraux, les deux groupes sont distincts. Le Heideberg, en suivant l'escarpement de ses roches du sud-ouest au nord-est, selon l'axe longitudinal de la montagne, offre, au sud, de la vraie serpentine; au centre, du schiste amphibolique passant au schiste talqueux; à l'extrémité nord-est, de la chlorite schisteuse. Dans la chlorite, les parcelles de fer oxidulé sont visibles à l'œil nu; dans les autres roches, on découvre le fer en pulvérisant la masse, et en la remuant avec un barreau aimanté. Les strates de toutes ces roches sont, comme je l'ai dit plus haut, parallèles à l'axe longitudinal de la montagne; ils inclinent régulièrement de 48° à 54° au nord-ouest. La montagne agit, à 20 pieds de distance, sur des boussoles des mineurs mal suspendues et de 2 pouces de long. A 3 ou 4 pieds de distance, les poles de l'aiguille sont entièrement entraînés du S. au N. et du N. au S. M. Klaproth avait cru, par l'analyse chimique des roches serpentineuses du Heideberg, que la force polaire résidait dans beaucoup de morceaux, non dans les parcelles de fer oxidulé disséminées, mais dans du fer fortement oxidé qui teint la masse entière; car, d'après les expériences de MM. Vauquelin, Hisinger et John, les serpentines renferment à la fois les deux oxides de fer et de chrôme. Récemment cependant on a cru observer que les roches du Heideberg qui avaient le plus de magnétisme polaire étaient aussi celles dont la pesan-

(1) Humboldt, *Essai géogr. sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*; 1823, p. 70. 98. 151.

teur spécifique est la plus grande : cette pesanteur varie de 2,78 à 2,45. Dans des échantillons de serpentine dont la pesanteur spécifique était 2,45, on a pu séparer, au moyen d'un barreau aimanté, $\frac{13}{100}$ de parcelles de fer oxidulé, tandis que des échantillons de schiste amphibolique, dont la pesanteur spécifique s'élevait à 2,63, renfermaient $\frac{24}{100}$ de parties attirables. Les premiers échantillons (de serpentine) agissaient à peine sur les aiguilles aimantées ; les derniers (de schiste amphibolique) exerçaient une grande puissance polaire. Mais ce n'est pas l'intensité du magnétisme du Heideberg, ce sont la distribution et le parallélisme de ses axes magnétiques qui fixent l'attention du physicien. J'avais observé, lors de la première découverte de la montagne magnétique, que les poles nord (en prenant cette dénomination dans le sens anciennement usité avant M. Haüy) étaient tous placés à la pente S. E., et les poles sud à la pente N. O. ; de sorte que les poles homonymes occupent une même pente. Comme le Heideberg a joui de quelque célébrité, et que l'on a vendu long-temps des échantillons de ses roches chloriteuses et serpentineuses au profit de l'Ecole des enfans de mineurs, que j'avais établie à Steeben, le phénomène curieux de la distribution des axes magnétiques a été soumis à l'examen de beaucoup de voyageurs : le résultat définitif de leurs recherches est que le parallélisme des axes est constant à l'extrémité N. E. de la montagne et dans son centre ; mais qu'il est peu sensible à l'extrémité S. O., où les roches chloriteuses, amphiboliques et talqueuses passent à la vraie serpentine. Lorsque, dit M. Goldfuss, on fait le tour du Heideberg la boussole à la main pour vérifier la distribution des poles, on trouve que les

points d'indifférence sont placés aux extrémités N. E. et S. O. de la montagne (c'est-à-dire, aux extrémités de l'axe longitudinal du Heideberg, ou selon la ligne qui détermine la *direction* des couches). Il en résulte que les poles magnétiques sud se trouvent tous sur la pente N. O., et les poles magnétiques nord sur la pente S. E. de la montagne. Les axes magnétiques sont perpendiculaires à la direction des couches. A l'extrémité sud-ouest du Heideberg, il est presque impossible de déterminer le parallélisme des axes, des masses faiblement magnétiques (presque dépourvues de tout magnétisme polaire sensible) s'y trouvant mêlées à des masses qui n'agissent pas sur la boussole. On ne peut y faire des expériences que sur des échantillons isolés. Le choc, en modifiant la position des molécules de fer, de cobalt et de nickel, modifie leurs propriétés magnétiques. Lorsque je fis connaître la position des axes magnétiques du Heideberg, un célèbre physicien de Gottingue, M. Lichtenberg, énonça la conjecture que ces axes pouvaient bien être l'effet de tremblemens de terre qui, dans les grandes catastrophes de notre planète, avaient agi long-temps dans une même direction. J'ai cru voir changer en effet une seule fois, dans l'Amérique méridionale, l'inclinaison magnétique à la suite d'un tremblement de terre très-violent (1). L'intensité des forces était restée la même.

---

(1) Une série d'observations que j'avais faites en 1798, conjointement avec Borda, à Paris, et puis seul à Marseille et à Madrid, m'avait convaincu que les variations diurnes de l'inclinaison ne pouvaient être aperçues dans les meilleures boussoles; que si ces variations diurnes existent (comme on doit le supposer), elles n'excèdent pas 8 minutes, et que les chan-

J'ai répété souvent le même genre d'expériences à Quito, à Riobamba et à Lima, où les secousses sont si fréquentes ; mais je n'ai jamais pu observer un changement sensible de l'inclinaison. Aussi les aurores boréales ne modifient pas toujours la déclinaison magnétique ou l'intensité des forces. Il reste beaucoup d'expériences curieuses à faire sur le magnétisme de la montagne sur laquelle je voudrais fixer votre attention, Monsieur. En faisant osciller des aiguilles à de certaines distances, on verrait si l'intensité des forces de cette petite partie du globe reste la même dans une longue suite d'années. On desirerait savoir aussi si la direction de l'axe magnétique (son angle avec le méridien du lieu) est constante, ou si elle change avec la direction du méridien magnétique de la contrée voisine ; mais il est à craindre que la multi-

---

gemens beaucoup plus considérables, indiqués par différens auteurs, devaient être attribués au nivellement imparfait de l'instrument (et au frottement de l'axe de l'aiguille). Malgré ces doutes, je n'hésitai point, le 1er novembre 1799, à placer, à Cumana, la grande boussole d'inclinaison de Borda dans un endroit très-propre aux expériences délicates de ce genre. L'inclinaison se trouva invariablement 43°,65, division centésimale. Ce nombre est la moyenne de beaucoup d'observations faites avec le plus grand soin. Le 7 novembre, trois jours après les fortes secousses de tremblement de terre, je recommençai la même série d'observations, et je fus surpris de trouver l'inclinaison de 90 minutes centésimales plus petite ; elle n'était plus que de 42°,75, et ne revint pas progressivement à son premier état. Un an plus tard, après mon retour de l'Orénoque, l'inclinaison était encore 42°,60. (HUMBOLDT, *Relat. hist.*, t. 1, p. 516.)

plicité des poles homonymes placés aux pentes N. O. et S. E. de la montagne, et la terre végétale dont la roche est très-inégalement couverte, rendent trop difficile une détermination rigoureuse des axes magnétiques. Les déplacemens des points d'indifférence, surtout de celui vers le N. E. dans la chlorite schisteuse, feront mieux connaître si l'axe est mobile dans le cours des siècles. J'ai insisté souvent, dans mes ouvrages, sur une liaison géognostique que l'on observe sous toutes les zones, entre les roches magnésiennes et le fer oxidulé, disséminé dans ces mêmes roches et doué de magnétisme polaire; mais des masses qui, dans leurs plus petits fragmens, offrent une polarité si puissante que les chlorites du Heideberg sont beaucoup plus rares qu'on ne le pense. On les trouve parmi les serpentines (du groupe des roches amphiboliques), les schistes chloritiques et talqueux, les basaltes et les grünstein (diabases ou diorites, formant des couches dans les schistes de transition). Le magnétisme polaire des roches qui renferment quelques parcelles de fer oxidulé disséminées est souvent bien plus puissant que le magnétisme polaire de l'intérieur de ces grandes masses de fer oxidulé qui forment des couches dans les montagnes primitives, et qui ne sont point en contact avec l'atmosphère ou rapprochées de la surface (1) du globe. J'ai trouvé, dans les Cordillères des Andes, au Quinché, près Quito, des obsidiennes noires et rouges qui avaient des poles; et près de Voisaco, entre Almaguer et Pasto, à 1045 toises de hauteur, un rocher

---

(1) Werner dans *Hofmann*, *Handbuch der Mineralogie*, t. III; *Abth.*, t. II, p. 220,

de porphyre trachytique, qui offre en petit presque les mêmes phénomènes que la montagne magnétique de Franconie. Ce porphyre de Voisaco (latitude boréale 1° 24′) sort d'un terrain de micaschiste; il est gris-verdâtre, et renferme, comme les porphyres de transition du Mexique, deux variétés de feldspath, le commun et le vitreux. Des cristaux aciculaires de pyroxène pénètrent entre les feuillets du feldspath vitreux. De même, à la pente orientale du Chimborazo, à 2240 toises de hauteur, entre la limite des neiges perpétuelles et le petit lac alpin de Yanacoche, nous avons trouvé, M. Bonpland et moi, un groupe de porphyre trachytique en colonnes pentagones, dont le magnétisme polaire agissait, à trois pieds de distance, sur une petite boussole des mineurs de Freiberg. Ces porphyres ne renferment que quelques parcelles de fer oxidulé. Des circonstances particulières paraissent influer sur la distribution inégale du fluide magnétique, et je pense qu'on ne peut aucunement admettre que l'intensité du magnétisme polaire des roches dépende uniquement de la quantité de fer oxidulé qui s'y trouve disséminé. Ce point de la physique géognostique, Monsieur, sera bien digne un jour d'exercer votre sagacité.

Paris, le 28 mars 1824.

Sur *l'Annonce de la découverte du mouvement diurne du baromètre, insérée dans quelques journaux anglais et français.*

L'Edinburgh *Philos. Journal*, conducted *by Dr Brewster*; le *Journal de l'Institution royale de la Grande-Bretagne*, dirigé par le professeur Brande; le *Bulletin*

Universel des Sciences et de l'Industrie, publié sous la direction de M. le baron de Ferussac, ont annoncé que, suivant une DÉCOUVERTE faite par le colonel Wright, le mercure du baromètre, dans le voisinage de l'équateur, monte et baisse deux fois en vingt-quatre heures, avec une telle régularité, qu'on pourrait presque se servir de cet instrument pour mesurer le temps.

Nous prierons ceux des lecteurs des *Annales* qui trouveraient que nous leur communiquons cette *découverte* un peu tard, de vouloir bien remarquer que Godin, Bouguer et Lacondamine l'avaient déjà faite il y a près de cent ans ; qu'après ces trois académiciens, presque tous les voyageurs aux régions équinoxiales s'en sont occupés ; que M. de Humboldt a publié en 1807 un travail spécial et très-précieux pour faire connaître les véritables heures des *maxima* et des *minima* et l'étendue de l'oscillation (voyez *Géograph. des Plantes*) ; que Lamanon, dans l'expédition de Lapeyrouse, Horner, dans celle de Krusenstern, etc., etc., se sont livrés à des recherches analogues ; que, par le secours des moyennes, Duc-Lachapelle, à Montauban, M. Ramond, à Clermont-Ferrand, les astronomes de l'Observatoire, à Paris, M. Marqué-Victor, à Toulouse, etc., etc., ont prouvé que cette oscillation diurne existe aussi dans nos climats ; qu'enfin nous ne manquons jamais, dans nos résumés des observations météorologiques de l'année, de donner les valeurs de l'abaissement journalier qu'éprouve le baromètre de neuf heures du matin à trois heures après midi, et du mouvement ascendant qui se manifeste entre cette dernière époque et neuf heures de la nuit.

Après avoir montré pourquoi nous n'avons point parlé de la prétendu découverte du colonel Wright, nous desirerions bien expliquer quels motifs ont pu, au contraire, déterminer les trois savans que nous avons cités, à laisser insérer dans leurs journaux l'annonce de cet officier sans y joindre aucune remarque ; mais la tâche nous paraît difficile, et nous l'abandonnons à qui de droit.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRES. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	751,00	+ 5,4	99	751,12	+ 6,5	94	750,32	+ 5,2	96	748,40	+ 4,4	89	+ 6,5	+ 4,4	Couvert, brouillard.	N. E.
2	746,18	+ 0,0	71	746,90	+ 1,0	76	747,60	+ 0,9	71	749,23	— 1,8	87	+ 1,0	— 2,3	Neige.	N. O.
3	739,34	+ 0,9	99	733,87	+ 5,1	98	732,20	+ 3,4	95	734,30	+ 1,5	99	+ 5,1	+ 0,2	Pluie, léger brouill.	S. O.
4	753,15	+ 2,5	86	755,88	+ 3,4	78	756,87	+ 4,3	72	757,53	+ 0,4	84	+ 4,3	+ 0,4	Très-nuageux.	N.
5	754,06	+ 3,5	81	753,90	+ 6,0	82	753,50	+ 7,5	82	755,01	+ 6,0	94	+ 7,5	+ 2,0	Couvert.	S. O. fort.
6	757,84	+ 9,0	96	758,28	+11,2	84	757,90	+11,2	76	757,68	+ 6,2	98	+11,3	+ 5,0	Nuageux.	S. O.
7	756,20	+ 9,8	97	755,36	+12,5	76	753,91	+12,5	75	753,12	+10,0	98	+12,5	+ 6,5	Couvert.	S. S. O. fort.
8	749,60	+10,8	78	748,72	+15,0	70	748,15	+14,8	74	751,08	+10,8	98	+15,0	+ 9,5	Couvert.	S. très-fort.
9	754,18	+ 8,0	98	752,80	+ 7,5	96	750,96	+ 5,0	98	749,57	+ 5,6	99	+ 8,4	+ 5,6	Pluie continuelle.	S.
10	750,18	+ 6,8	94	749,25	+ 9,8	88	748,24	+ 9,3	81	751,54	+ 6,1	99	+ 9,8	+ 3,4	Légèr. couv., brouil.	E. S. E.
11	758,37	+ 5,8	96	758,86	+ 8,3	77	757,90	+ 7,8	80	755,25	+ 5,9	87	+ 8,3	+ 4,8	Nuageux.	N. N. O.
12	748,30	+ 7,0	94	747,40	+ 8,3	74	745,82	+ 9,0	70	747,38	+ 2,0	96	+ 9,0	+ 2,0	Couvert.	O.
13	745,60	+ 5,0	90	743,48	+ 6,3	84	741,43	+ 5,5	84	742,40	+ 0,2	99	+ 6,5	+ 0,3	Averse de grésil.	O. S. O.
14	750,54	+ 3,3	91	752,84	+ 5,5	78	754,10	+ 7,3	62	758,10	+ 2,4	99	+ 7,3	+ 0,8	Couvert.	N. N. O.
15	761,90	+ 3,8	97	762,05	+ 6,3	82	761,24	+ 6,9	74	761,34	+ 1,5	96	+ 6,9	— 0,8	Quelques éclaircies.	N. O.
16	761,80	+ 6,8	89	761,35	+11,4	66	761,22	+12,5	56	761,58	+ 9,0	78	+12,5	+ 1,9	Nuageux.	S. O.
17	762,23	+ 9,1	99	762,50	+12,1	87	762,52	+14,0	68	763,70	+ 7,5	98	+14,0	+ 6,5	Quelques éclaircies.	O. N. O.
18	764,70	+ 5,6	99	765,00	+ 9,0	90	764,02	+12,9	72	764,93	+ 8,0	98	+12,9	+ 4,8	Nuageux.	O. N. O.
19	766,00	+ 6,5	99	765,71	+ 9,0	96	765,06	+ 9,5	91	764,50	+ 8,5	99	+ 9,5	+ 5,8	Couvert, brouillard.	O.
20	764,40	+ 8,8	99	764,32	+ 9,8	99	763,90	+10,4	90	763,58	+ 7,3	91	+10,4	+ 7,0	Couvert, brouillard.	S. S. E.
21	761,00	+ 6,6	85	758,65	+10,4	74	756,46	+ 8,8	69	755,00	+ 7,4	99	+10,4	+ 4,3	Couvert, brouillard.	S. E.
22	754,31	+ 7,8	89	752,60	+ 8,8	88	750,94	+ 7,8	78	751,38	+ 3,0	90	+ 8,8	+ 3,0	Pluie abondante.	S. fort.
23	754,45	+ 7,5	85	754,55	+ 8,5	75	754,17	+ 8,0	67	754,40	+ 5,4	84	+ 8,5	+ 1,0	Couvert brouillard.	S.
24	751,28	+ 6,8	99	750,95	+ 8,5	95	750,82	+ 9,5	89	751,10	+ 7,0	92	+10,3	+ 5,5	Couvert; brouillard.	N.
25	753,88	+ 7,0	74	754,00	+ 9,5	57	753,55	+10,6	59	754,26	+ 6,0	89	+10,6	+ 2,5	Petits nuages.	N. E.
26	754,92	+ 4,5	90	754,20	+ 4,8	94	752,98	+ 6,8	85	752,43	+ 5,4	90	+ 6,8	+ 3,4	Couvert, brouillard.	N.
27	751,97	+ 5,0	96	751,37	+ 6,5	80	750,63	+ 5,6	87	749,94	+ 3,8	91	+ 6,8	+ 3,8	Couvert, brouillard	N.
28	749,46	+ 2,5	99	750,46	+ 3,4	89	750,63	+ 5,5	76	752,29	+ 2,4	81	+ 5,5	+ 0,5	Pluie fine, brouill.	N. fort.
29	754,90	+ 3,1	80	755,22	+ 4,8	62	754,96	+ 5,5	61	755,96	+ 2,0	88	+ 5,5	+ 0,5	Couv., léger brouil.	N. N. E.
30	753,87	+ 2,4	99	752,66	+ 6,2	89	751,05	+ 6,0	94	748,64	+ 4,4	99	+ 6,3	+ 1,5	Couvert., brouillard.	S. O.
31	749,00	+ 6,2	82	748,55	+ 3,8	90	748,75	+ 3,2	78	751,59	+ 0,2	97	+ 6,6	+ 0,2	Très-nuageux.	N. O.
1	751,17	+ 5,7	90	750,71	+ 7,8	84	749,96	+ 7,5	82	750,75	+ 4,9	95	+ 8,1	+ 3,5	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	758,38	+ 6,2	95	758,35	+ 8,6	83	757,72	+ 9,6	75	758,30	+ 5,2	94	+ 9,7	+ 3,3	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 6,135
3	751,55	+ 5,4	89	753,02	+ 6,8	81	752,27	+ 7,0	77	753,45	+ 4,3	91	+ 7,8	+ 2,4	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 5,265
	754,34	+ 5,7	91	753,99	+ 7,7	83	753,28	+ 8,0	78	753,78	+ 4,8	93	+ 8,5	+ 3,0	Moyennes du mois,	+ 5°,8.

Sur *une Relation remarquable qui existe entre la forme cristalline, le poids d'un atome et la pesanteur spécifique de plusieurs substances.*

Par Mr A. F. Kupffer,
Professeur à l'Université de Casan en Russie.

En calculant les volumes des formes primitives de différens cristaux, j'ai trouvé un rapport très-simple qui existe entre les volumes, les pesanteurs spécifiques et les poids des atomes : on peut exprimer ce rapport par l'équation :

$$\frac{ps}{\gamma} = \frac{p's'}{\gamma'} \ldots\ldots \quad (1),$$

dans laquelle p et p' désignent les poids des atomes de deux substances différentes, s, s' leurs pesanteurs spécifiques, γ et γ' les volumes de leurs formes primitives, le demi-axe étant supposé égal à l'unité.

Pour fixer les idées et pour faire voir la marche de ce calcul, prenons deux substances dont les formes primitives soient des rhomboïdes, la chaux carbonatée et le fer oligiste, par exemple. Désignons par r, r' les incidences des arêtes terminales de leurs rhomboïdes primitifs sur l'axe, nous aurons :

$$\gamma = \frac{4 \text{ tang.}^2 r}{3\sqrt{3}}; \quad \gamma' = \frac{4 \text{ tang.}^2 r'}{3\sqrt{3}},$$

le demi-axe du rhomboïde étant égal à l'unité.

Mettant pour tang. r et tang. r' leurs valeurs déduites des observations, on trouve :

$$\gamma = 3,1643; \quad \gamma' = 1,1613.$$

La pesanteur spécifique de la chaux carbonatée est égale à 2,6964; le poids d'un atome de cette substance est 1262,7; celui d'un atome de fer oligiste (peroxide de fer) est égal à 978,43. Substituant ces valeurs dans l'équation (1), on trouve :

$$s' = 1,277.$$

Cette quantité, multipliée par 4, donne 5,108; ce qui est, à très-peu de chose près, la valeur moyenne de la pesanteur spécifique du fer oligiste.

L'équation (1) se trouve donc confirmée par l'expérience, si l'on suppose comme forme primitive du fer oligiste un rhomboïde plus obtus, produit par un décroissement simple sur l'arête terminale du rhomboïde ordinaire; ce qui rend γ' quatre fois plus grand ou égal à 4,6452.

La même loi a lieu dans les cristaux prismatiques à base rhombe ou rectangulaire; par exemple, dans la baryte sulfatée et l'arragonite. Dans les cristaux de ce genre, on peut choisir indifféremment entre deux ou trois formes primitives de la même substance, qui sont également propres à conduire à toutes les formes secondaires qu'elle présente. Un octaèdre à base rhombe, dont l'axe est parallèle à une des diagonales du rhombe formé par le clivage, peut aussi bien représenter la forme primitive de la baryte sulfatée, qu'un octaèdre à base rectangulaire, dont les plans remplacent les arêtes terminales de l'octaèdre précédent. Haüy nous a démontré qu'on peut substituer des octaèdres à base rectangulaire aux prismes droits rectangulaires et rhomboïdaux. Il est donc évident que le volume de la forme

primitive d'une substance quelconque de ce genre est susceptible de plusieurs valeurs ; mais toutes ces valeurs se trouveront entr'elles dans un rapport très-simple, qui sera toujours égal à 2, 3, 4 ou 6 ou 8, etc.

Les poids des atomes ont la même propriété ; ils sont susceptibles de plusieurs valeurs, qui sont entr'elles dans les rapports indiqués ci-dessus, et entre lesquelles il a fallu choisir. Concluons donc, pour notre objet, qu'il est nécessaire de choisir, entre plusieurs valeurs que peuvent avoir le poids d'atome et le volume de la forme primitive d'une substance quelconque, celles qui s'accordent avec la loi énoncée ci-dessus. Nous avons suivi le même procédé dans l'exemple précédent de la chaux carbonatée et du fer oligiste, c'est-à-dire, nous nous sommes permis de multiplier y' par 4 ; nous aurions eu le même résultat en divisant p' par le même nombre.

Maintenant le poids d'un atome de sulfate de baryte est 2916,18 : on trouve, pour le volume d'une de ses formes primitives, le demi-axe étant égal à l'unité, 1,4259; sa pesanteur spécifique est 4,481. Le poids d'un atome de l'arragonite (carbonate de chaux) est égal à 1262,7 ; le volume de sa forme primitive peut être représenté par 0,39913. Substituant ces valeurs dans l'équation (1), on trouve pour la pesanteur spécifique de l'arragonite 2,897; ce qui diffère très-peu de la donnée de l'expérience.

Pour voir si cette loi était la même pour toutes les substances cristallisées, il fallait avoir des données très-exactes sur la forme de leurs cristaux. A cet effet, j'ai entrepris de mesurer de nouveau et avec une grande

exactitude les angles de plusieurs cristaux, dont je pouvais supposer la composition chimique et la pesanteur suffisamment connues. Voici la marche que j'ai suivie dans ce travail.

J'ai employé le goniomètre à réflexion de M. Wollaston : mon instrument a trois vis à caler à son pied; il est placé sur une planche triangulaire qui porte dans un de ses angles une colonne en cuivre, dans laquelle le support cylindrique d'une lunette à fils croisés entre à frottement, de sorte que la lunette peut tourner horizontalement. Une charnière permet aussi de la faire tourner verticalement; on peut donc lui donner toutes les directions possibles.

Maintenant je choisis un objet éloigné, un peu élevé au-dessus de l'horizon, et je donne une telle position au goniomètre, que le plan du cercle, suffisamment prolongé, coupe l'objet. La lunette doit avoir une direction à-peu-près parallèle au cercle divisé. J'attache sur le support destiné à porter les cristaux dont on veut mesurer les angles, un petit verre plan, dont les deux surfaces sont bien parallèles, et je lui donne une telle position, que l'image de l'objet éloigné, réfléchie par une de ses surfaces, tombe dans le point d'intersection des fils de la lunette; je tourne le support de 180° sans déranger l'instrument et la lunette, qui doivent être bien fixés : si la seconde surface du verre plan fait également tomber dans la croix de la lunette l'image réfléchie de l'objet éloigné, alors l'instrument a la position qu'il faut lui donner; si cela n'est pas, on le cale au moyen des vis du pied jusqu'à ce que cette condition ait lieu. Il est clair que la coïncidence de l'image réfléchie de l'objet éloi-

gné, avec le point d'intersection des fils de la lunette, produits successivement par les deux surfaces du verre plan, peut avoir lieu seulement dans le cas que les plans réfléchissans du verre sont perpendiculaires au plan du cercle divisé : donc, la lunette et le goniomètre étant ainsi disposés, chaque plan réfléchissant attaché au support qui fait coïncider l'image réfléchie avec les fils croisés, sera perpendiculaire au plan du cercle divisé, et c'est la condition nécessaire à remplir avant de mesurer un angle avec cet instrument. A présent, je n'ai qu'à détacher le petit verre plan; je mets à sa place le cristal dont je veux mesurer un angle, et je lui donne une telle position, que la coïncidence de l'image de l'objet éloigné réfléchie par le cristal, avec les fils croisés de la lunette, ait lieu successivement sur les deux faces. Après avoir disposé ainsi l'instrument, on est sûr de faire des observations aussi exactes qu'il est possible : cependant, pour savoir au juste la confiance qu'elles méritent, on peut les soumettre à un calcul fondé sur la théorie des probabilités, et dont M. Laplace a donné une analyse profonde. Cette méthode consiste:

1°. A multiplier les observations, ou à faire un grand nombre de répétitions. On retranche l'une de l'autre les valeurs données par les répétitions successives, et on a, par cette opération, un nombre de valeurs observées du même angle égal au nombre des répétitions. Comme le goniomètre de M. Wollaston a un cercle divisé entier, il est facile de répéter les observations autant qu'on voudra : on évitera encore par là les erreurs produites par l'excentricité de la division.

2°. A prendre le résultat moyen entre ces valeurs ob-

servées du même angle, et à diviser leur somme par leur nombre.

3°. A retrancher cette moyenne de chaque observation simple; à prendre la somme des carrés de ces différences, à la multiplier par 2, et à diviser, par ce produit, le carré du nombre des répétitions. On appelle le produit de cette opération *le poids du résultat des observations*, et on le désigne par P.

4°. Désignant par u un nombre quelconque de minutes ou de secondes, par c le nombre dont le logarithme hyperbolique est égal à l'unité, et par π la demi-circonférence du cercle, le rayon étant l'unité; la probabilité que l'erreur du résultat des observations est comprise entre les limites $\mp u$ est égal à

$$\frac{\sqrt{P}}{\sqrt{\pi}} \cdot \int du\, c^{-Pu^2},$$

l'intégrale étant prise depuis $-u$ jusqu'à $+u$.

J'ai calculé la table suivante pour trouver les probabilités correspondantes à plusieurs valeurs de P, la certitude étant égale à l'unité. Soit, par exemple, le poids du résultat d'un grand nombre d'observations égal à 8; pour savoir la probabilité correspondante à cette valeur de P, que l'erreur du résultat est comprise entre les limites d'une minute en plus ou en moins, on cherche ce nombre dans la colonne I, et le nombre qui est dans la colonne III sur la même ligne sera la probabilité cherchée, c'est-à-dire, 0,99994. Si l'on veut savoir la probabilité correspondante à $P=8$, que l'erreur du résultat est comprise entre les limites d'une demi-minute en plus ou en moins, on cherchera le nombre 8 dans la colonne II;

on trouvera la probabilité correspondante à cette valeur de P égale à 0,95447.

I	II	III	I	II	III	I	II	III
0,0	0,0	0,00000	3,0	12,0	0,98568	6,0	24,0	0,99947
0,5	2,0	0,68430	3,5	14,0	0,99184	7,0	28,0	0,99982
1,0	4,0	0,84270	4,0	16,0	0,99532	8,0	32,0	0,99994
1,5	6,0	0,91664	4,5	18,0	0,99730	9,0	36,0	0,99998
2,0	8,0	0,95447	5,0	20,0	0,99843	10,0	40,0	0,99999
2,5	10,0	0,97462	5,5	22,0	0,99909			

De cette manière, on est en état de juger s'il faut attribuer à une erreur d'observation ou à une déviation de la nature, les écarts que présentent souvent les mesures de deux angles qui sont égaux d'après la théorie. J'ai mesuré l'inclinaison de deux pans adjacens de la pyramide hexaèdre du quartz, sur quatre arêtes différentes du même cristal. J'ai trouvé, par la première opération, les cinq valeurs suivantes, dont chacune est le résultat de trente-neuf répétitions.

133° 44',6, dont le poids est égal à 2,786;
133 45,0........................ 3,503;
133 44,9........................ 3,833;
133 45,0........................ 3,920;
133 44,8........................ 2,670.

Pour tirer le résultat le plus avantageux de ces cinq valeurs, j'ai divisé la somme des produits de ces valeurs et de leurs poids respectifs par la somme des poids. On trouve alors pour la valeur la plus exacte de l'angle:

133° 44',88, dont le poids est égal à 123,61.

Le poids a été trouvé en ajoutant les produits des poids et des carrés des différences du résultat et des cinq valeurs observées, en multipliant cette somme par 2, et en la divisant par la somme des poids multipliée par le nombre des valeurs, c'est-à-dire, par 5. C'est une formule de la théorie des probabilités de M. Laplace, qu'il serait inutile de démontrer ici.

Cinq autres mesures de la même incidence dans une autre arête ont donné les valeurs suivantes :

133°	43',0, dont le poids est égal à	3,410 ;
133	43,6......................	4,619 ;
133	43,0......................	3,030 ;
133	44,0......................	2,050 ;
133	44,0......................	12,675.

Le résultat le plus exact de ces cinq mesures est

133° 43',68, dont le poids est égal à 13,482.

Le premier angle ne diffère donc du second que de 1',2; mais il est peu probable qu'on puisse attribuer cette différence à une erreur d'observation ; car, d'après les poids respectifs des résultats, la probabilité que l'erreur du premier angle est comprise dans les limites $\mp$ 0',25, est à-peu-près égale à 0,99961 ; et celle que l'erreur du second angle ne surpasse pas les limites $\mp$ 0',5 est égale à 0,99030 à-peu-près; ces deux nombres touchent très-près l'unité, c'est-à-dire, la certitude.

On peut donc, par des observations multipliées, saisir et apprécier des grandeurs très-petites en suivant la méthode que je viens d'exposer.

J'ai encore mesuré deux fois la même incidence sur deux

autres arêtes de la même pyramide : voici les deux valeurs que j'ai trouvées :

133° 43′65, dont le poids est égal à 6,494 ;
133 42,65.................... 9,613.

La combinaison de ces deux valeurs avec les deux valeurs précédentes donne, pour la détermination la plus exacte de l'incidence de deux pans adjacens de la pyramide hexaèdre du quartz,

133° 44′,6, dont le poids est égal à 4,827.

Le poids de ce dernier résultat est moindre que le poids de la mesure de chaque angle séparé, et c'est très-naturel ; car, à la même arête, la valeur de l'angle reste toujours la même, tandis qu'elle change un peu d'une arête à l'autre. On voit par là que la nature de l'objet ne permet pas, ou bien rarement, une exactitude au-delà des minutes, et qu'il serait inutile d'employer des instrumens encore plus exacts que celui dont je me suis servi. On conçoit avec la même facilité que le poids du résultat final peut nous indiquer si le cristal que nous avons mesuré est propre à donner une grande exactitude ; si cela n'est pas, il faut en prendre un autre jusqu'à ce qu'on en trouve un dans lequel les écarts des valeurs des angles, qui devraient être égaux, ne soient pas trop considérables.

Il arrive souvent qu'on peut mesurer dans le même cristal plusieurs angles qui ne sont pas égaux, mais qui sont dépendans l'un de l'autre. Dans la pyramide hexaèdre du quartz, j'ai encore mesuré les incidences de deux pans alternans et de deux pans opposés. J'ai trouvé, par un grand nombre d'observations, que le premier de

ces angles est égal à 94° 15′,04, et le second à 76° 25′,03. Les poids respectifs de ces observations sont 11,5 et 10,3. Désignons maintenant par A l'angle de deux pans adjacens, par B l'angle de deux pans alternans, et par F l'angle de deux pans opposés; on a :

$$\cos.\tfrac{1}{2}A = \frac{\cos.\tfrac{1}{2}B}{\sqrt{3}}$$

$$\cos.\tfrac{1}{2}A = \frac{\cos.\tfrac{1}{2}F}{2}.$$

Substituant dans ces formules les valeurs de B et de F, que je viens de donner, on trouvera par la première formule, A égal à .... 133° 44′,30
par la seconde formule A égal à..... 133° 44′,02
nous avons trouvé par l'observation.. 133° 44′,59.

Ces trois valeurs de l'angle A se touchent de si près, que leur combinaison ne peut donner qu'un résultat extrêmement exact. J'ai opéré cette combinaison d'après la méthode des moindres carrés. M. Laplace a reconnu cette méthode comme la plus avantageuse, par une analyse, qui part de la supposition que la probabilité des erreurs positives est égale à celle des erreurs négatives de la même grandeur; en effet, c'est la seule supposition qu'on peut faire à l'égard des erreurs produites par le hasard : l'application de la méthode des moindres carrés exige donc une distribution uniforme des erreurs; mais les trois valeurs de A ci-dessus ne remplissent pas cette condition. Désignons par A_1, A_2, A_3 les trois valeurs de A, c'est-à-dire par A_1 sa valeur observée immédiatement, par A_2 sa valeur calculée par la valeur observée de B, et par A_3 sa valeur calculée par la valeur ob-

servée de F. Les trois équations qu'il s'agit de combiner seront donc :

$$A = A_1$$
$$A = A_2$$
$$A = A_3.$$

Il est clair que si l'erreur de la valeur observée de B est égale à ε', l'erreur de A_2 sera en raison de ε' et du changement, qu'une modification quelconque de la valeur de B produit dans la valeur de A_2. Si l'erreur est très-petite, on peut supposer ce changement dans la valeur de A_2 proportionel au rapport différentiel $\frac{dA}{dB}$; donc l'erreur de A_2 sera égale à $\varepsilon' . \frac{dA}{dB}$. Nous aurons, de la même manière, l'erreur de A_3, égale à $\varepsilon'' \frac{dA}{dF}$, en supposant que l'erreur de la valeur observée de F soit égale à ε''.

Les erreurs des trois valeurs de A dépendent encore de leurs poids respectifs, que nous désignerons par P_1, P_2, P_3. L'analyse de M. Laplace nous a démontré que l'erreur moyenne qu'on peut présumer dans le résultat d'un grand nombre d'observations, est en raison inverse de la racine carrée du poids, ou proportionelle à $\frac{1}{\sqrt{P}}$.

Il suit de toutes ces réflexions, que les erreurs dans les trois équations qu'il s'agit de combiner seront distribuées de la manière suivante :

$$A = A_1 + \varepsilon . \frac{1}{\sqrt{P'}}$$
$$A = A_2 + \varepsilon' \frac{dA}{dB} . \frac{1}{\sqrt{P_2}}$$
$$A = A_3 + \varepsilon'' \frac{dA}{dF} . \frac{1}{\sqrt{P_3}}.$$

Maintenant il est facile de donner aux erreurs une distribution uniforme : on n'a qu'à diviser ces équations par les coefficiens respectifs de ε, ε' et ε'', on aura :

$$\sqrt{P_1} \cdot A = \sqrt{P_1} \cdot A_1 + \varepsilon$$

$$\frac{dB}{dA} \cdot \sqrt{P_2} \cdot A = \frac{dB}{dA} \cdot \sqrt{P_2} \cdot A_2 + \varepsilon'$$

$$\frac{dF}{dA} \cdot \sqrt{P_3} \cdot A = \frac{dF}{dA} \cdot \sqrt{P_3} \cdot A_3 + \varepsilon''.$$

On peut appliquer immédiatement la méthode des moindres carrés à ces trois équations, parce que les erreurs ε, ε', ε'' sont des erreurs d'observation, et par conséquent distribuées uniformément dans les deux sens opposés, comme il faut le supposer. Le résultat de cette opération sera :

$$A = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \left(\frac{dB}{dA}\right)^2 \cdot A_2 + P_3 \left(\frac{dF}{dA}\right)^2 \cdot A_3}{P_1 + P_2 \left(\frac{dB}{dA}\right)^2 + P_3 \left(\frac{dF}{dA}\right)^2}.$$

En réduisant cette équation en nombres, on trouve :

$$A = 133^\circ\ 44', 14.$$

Si l'on désigne par P' le poids de ce dernier résultat, on a, par les principes que j'ai indiqués plus haut, et qu'on trouvera exposés avec plus de détail dans la Théorie des Probabilités de M. Laplace,

$$P' = \frac{m\left(P_1 + \left(\frac{dB}{dA}\right)^2 P_2 + \left(\frac{dF}{dA}\right)^2 P_3\right)}{2\left\{P_1 (A_1 - A)^2 + P_2 \cdot \left(\frac{dB}{dA}\right)^2 (A_2 - A)^2 + P_3 \left(\frac{dF}{dA}\right)^2 (A_3 - A)^2\right\}};$$

ce qui donne :

$$P' = 61,246.$$

On peut donc parier plus de cent mille contre un que l'erreur du résultat n'excède pas les limites d'une demi-minute en plus ou en moins.

L'application de cette méthode est plus difficile dans les cas où il faut connaître deux angles au moins pour déterminer toutes les incidences du cristal. Je renvoie ceux qui pourraient desirer d'approfondir cette matière à un ouvrage plus détaillé, qui a remporté le prix de l'Académie de Berlin.

Voici donc les résultats de mes observations. Les pans des cristaux dont j'ai mesuré les angles sont désignés comme dans les planches du Traité de Minéralogie de Haüy, deuxième édition. Après le nom de chaque substance, suit la valeur observée d'un angle ou de deux, s'il en faut deux pour la détermination de la forme de ces cristaux. On a ajouté les poids de ces valeurs. Puis viennent les autres angles que j'ai observés dans les cristaux de la même substance, comparés avec leurs valeurs trouvées par le calcul, en supposant que la valeur indiquée de l'angle qui suit le nom de la substance soit exacte.

QUARTZ. *P* sur *z* 133° 44',14, poids 61,246.

	Calculé.	Observé.	Différ.
P sur *P*.......	94° 14',96	94° 14',84	0',12
P sur l'axe....	38 12,51	38 13,24	0',73

ZIRCON. *P* sur l'axe. 47° 50',21, poids 12,346.

	Observé.	Calculé.	Différ.
P sur *P*.......	123° 20',1	123° 19',6	0',5

	Observé.	Calculé.	Differ.
P sur *h*.........	125° 46',5	125° 46',4	0',1
M sur *M*........	63 43,2	63 43,6	0,4

J'ai encore trouvé les incidences de *h* sur *M*, aux deux arêtes dans lesquelles le pan *h* est coupé par les pans *M* de l'un et de l'autre côté, égales à 121° 55'3 et 121° 48',6. Les deux incidences, qui sont égales d'après la théorie, diffèrent entre elles de 6',7; mais leur somme moins 180°, qui doit être égale à l'incidence de *M* sur *M*, donne effectivement 63° 43',9; ce qui diffère très-peu de sa valeur énoncée ci-dessus.

Tourmaline noire de Sibérie. *P* sur *P* 133° 13',
poids 1,265;

——— verte du St-Gothard. *o* sur *o* 103° 0'; ce qui donne *P* sur *P* 133° 8'. Ces observations sont inexactes, parce que les faces étaient striées et donnaient plusieurs images.

Chaux carbonatée. *P* sur *P* 105° 5'.

	Observé.	Calculé.	Differ.
r sur *r*.........	144° 23',5	144° 24',3	0',8
	144 23,0	....	1,3
	144 22,8	....	1,5
r sur *r'*........	104 38,8	104 37,9	0,9
	104 38,0	....	0,1
	104 39,0	....	1,1

Chaux phosphatée. *X* sur l'axe, 49° 42',25.

	Observé.	Calculé.	Differ.
X sur *M*.........	130° 16',9	130° 17',75	0',8
X sur *s*...........	153 11,0	153 9,2	1,8
r sur *P*..........	156 59,6	157 0,0	0,4
X sur *r*..........	162 41,2	162 41,1	0,1
X sur *M* (autre cristal)	130 19,7	130 17,75	2,0
r sur *r*..........	{ 157 23,9 / 157 32,3 }	157 28,6	

La moyenne entre les deux valeurs de l'incidence de r sur r est 157° 28',1 ; ce qui diffère très-peu de la valeur calculée.

Plomb sulfaté. P' sur P'' 101° 14', et P sur P'' 119° 55' ; ce qui donne P sur P''' égal à 76° 22'.

Mellite. P sur P 118° 13',5.

	Observé.	Calculé.	Differ.
P sur P'..........	93° 5'	93° 6'	1'.

Euclase. s sur s 114° 50'
f sur f 105 46;

ce qui donne P sur M 131° 8'

Pour mettre sous les yeux les résultats que j'ai tirés de ces observations, et que j'ai déjà indiqués plus haut, j'ai disposé toutes les substances dont les angles sont suffisamment connus, tant par mes observations que par celles des autres, en quatre tables, suivant le système de cristallisation auquel ils appartiennent. Le rhomboïde, l'octaèdre régulier, l'octaèdre à base carrée, et l'octaèdre à base rhombe, sont les quatre formes auxquelles toutes les autres peuvent être rapportées. Le système des rhomboïdes comprend aussi les prismes hexaèdres réguliers ; celui des octaèdres à base rhombe comprend aussi les prismes droits et obliques à base rhombe, et les prismes et octaèdres à base rectangle oblongue ; les dodécaèdres rhomboïdaux, les tétraèdres et les cubes entrent dans le système de l'octaèdre régulier.

L'axe de la forme primitive de chaque substance a été pris égal à l'unité ; dans le système des octaèdres à base rhombe, où l'on peut choisir entre trois axes perpendiculaire entre eux, on a choisi celui qui donnait l'accord

le plus parfait de l'observation avec la loi énoncée dans la première partie de ce Mémoire ; la direction de l'axe qui a été choisi est indiquée, à côté du nombre qui exprime le volume de chaque substance, par l'arête à laquelle il est parallèle ; et cette arête est exprimée par deux pans de cristal dont elle est l'intersection, et qui sont désignés par les chiffres employés dans le *Traité de Minéralogie* de Haüy.

La formule (1), rapportée plus haut, donne

$$s' = \frac{ps}{y} \cdot \frac{y'}{p'},$$

ou p, s, y, et p', s', y' signifient les poids d'atome, les pesanteurs spécifiques et les volumes des formes primitives de deux substances différentes, l'axe de la forme primitive posé égal à l'unité. Connaissant donc le poids d'atome, la pesanteur spécifique et le volume d'une substance quelconque, et le poids d'atome et le volume d'une autre substance, qui appartiennent au même système de cristallisation, on peut calculer la pesanteur spécifique de la dernière substance. C'est ce que j'ai fait dans les quatre tables suivantes : en tête de chaque table est une substance dont le poids d'atome, le volume et la pesanteur spécifique sont donnés par l'expérience : par ces données et par les poids d'atome et les volumes des autres substances qui suivent, j'ai calculé leurs pesanteurs spécifiques : l'accord de ces valeurs calculées avec les valeurs données par l'expérience, prouve l'existence de la loi énoncée par la formule (1).

Nota. Les noms des substances qui n'ont pas été mesurées par moi sont marqués d'une croix. Les nombres qui sont en parenthèse, à côté des poids d'atome, sont ceux par lesquels on a multiplié les poids calculés d'après les tables de M. Berzelius.

I. *Rhomboïdes.*

	Poids d'atome.	Volume.	Pesant. spécif. calculée.	Pesanteur spécifique observée.
carbonatée...	1262,7	3,1643	.....	2,696 Biot.
igiste........	978,4	4,6452	5,1084	5,012—5,218
....	596,4	1,4318	2,58	2,63
phosphatée..	1470,3 ($\frac{3}{8}$)	4,280	5,132	3,130
....	2752,3 ($\frac{1}{4}$)	6,9599	2,7209	2,72
$\dddot{Al} + 2\dddot{Be}\dddot{Si}^3$				
aude...........	2698,6 ($\frac{1}{4}$)	......	2,775	2,775
$\dot{l} + \frac{3}{2}\dddot{Si}^4\dddot{Bc} + \frac{1}{6}\dddot{Si}\dddot{Ch}$				
lon	321,16 ($\frac{1}{2}$)	1,245	4,177	4,07

II. *Octaèdres à base rhombe.*

	Poids d'atome.	Volume.	Pesant. spécif. calculée.	Pesanteur spécifique observée.
sulfatée...	2916,18	1,4259 l'axe parallèle à $d:d$.	.....	4,481 Malus.
e	7971,78	3,10170 l'axe parallèle à $M:M$.	3,585	3,55
onite.......	1262,7	0,39913 l'axe parallèle à $M:M$.	2,8972	2,9267 Biot. 2,897 Strohm.
iane sulfatée	2296,9	0,99321 l'axe parallèle à $d:d$.	3,963	3,958
sulfaté	3791,3	2,516 l'axe parallèle à $P:P$.	6,082	6,0717
carbonaté..	3339,3	2,3533 l'axe parallèle à $\gamma:\gamma$.	6,45	6,4...6,5 Mohs. 6,55 Haüy.
te.........	10198,0	3,915 l'axe parallèle à $n:n$.	3,519	3,453
$+ 4\dddot{Al}\dddot{Si} + \frac{1}{2}\dddot{Si}^2\ddot{f}^3$				
t.........	14800,13	5,466 l'axe parallèle à $n:n$.	3,386	3,428
$\ddot{Mg}^3 + \dddot{Si}^2\ddot{f}^3$				
hane.......	3670,8	1,5188 l'axe perpendiculaire sur P.	3,792	3,796
$\ddot{l}^4 + \frac{1}{2}\dddot{Si}\,\ddot{Ca}^2$				

	Poids d'atome.	Volume.	Pesant. spécif. calculée.	Pesant spécifi obser
Sphène	22033,2	8,462	3,520	3,51
$\ddot{C}a^{3}\,\dddot{S}i^{12} + \ddot{C}a^{3}\,\dot{\ddot{P}}^{9}$ (Rose).				
† Cuivre carb. bleu..	8600,7 (2)	3,5830 l'axe parallèle à $M:M$.	3,818	3,7...3,9
Euclase	8072,9 (2)	2,735 l'axe parallèle à $S:S$.	3,105	3,065
$\dddot{B}e\,\dddot{S}i + 2\,\dddot{A}l\,\dddot{S}i$				
† Cuivre pyriteux...	2274,4	1,077	4,34	4,315
$Cu\,S^{2} + Fe\,S^{2}$				
† Feldspath........	7235,8	2,037 l'axe parallèle à $G:M$.	2,580	2,578
† Chaux sulfatée ...	2164,12	....	....	2,3117
† Magnésie sulfatée..	2643,4	0,5062 l'axe parallèle à $M:M$.	1,756	1,7...1,8
† Zinc sulfaté......	3133,1	0,6758	1,977	2,0 Moh
† Soude carbonatée..	7162,2 (2)	1,1718	1,499	1,4...1,6
Chaux fluatée.....	3948,4 (4)	1,333... (vol. de l'octaèd. régulier.)	3,095	3,09
Soude muriatée...	5868,5 (4)	1,333....	2,082	2,08

III. *Octaèdres réguliers.*

	Poids d'atome.	Volume.	Pesant. spécif. calculée.	Pesant spécifi observ
Fer oxidulé.....	2855,29	1,333	......	4,946
Fer sulfuré......	2966,1 (2)	1,333	4,728	4,749
Argent sulfuré...	6211,06 (2)	2,00 (Vol. du dodéc. rhombe.)	6,808	6,90
Zinc sulfuré	5513,6	2,00	4,069	4,061
Alun	11870,77	2,00	1,772	1,75
Amphigène.....	5645,37 ($\frac{1}{3}$)	1,333...	2,484	2,468
Ammoniaq. muriatée........	8915,52 (16)	1,333...	1,566	1,5..
Cuivre.........	1597,26 (2)	1,333...	8,78	8,78
Argent.........	1344,0 ($\frac{1}{2}$)	1,333...	10,44	10,47

IV. *Octaèdre à base-carrée.*

.	Poids d'atome.	Volume.	Pesant. spécif. calculée.	Pesanteur spécifique observée.
ain oxidé........	1870,58	2,945	.....	6,934
éionite (c)........	5735,76	5,3412	2,648	2,65
$i\ \ddot{C}a^2 + 3\ddot{\ddot{A}}l\ \dddot{S}i$				
ocrase (de Sibérie)	12530,6 ($\frac{3}{2}$)	9,6157	3,380	3,39
$i^2\ \ddot{\ddot{A}}l^3 + 4\ \ddot{C}a\ \dddot{S}i$				

(*a*) La formule de la composition du béril de Sibérie a été calculée après l'analyse de Klaproth; l'émeraude et le béril de Suède que . Berzelius a analysés semblent avoir une composition un peu différente. L'émeraude contient encore une petite quantité de chrôme; en négligeant, on trouve sa pesanteur égale à 2,845, ce qui ne diffère s beaucoup non plus de la donnée de l'expérience. La formule e $\dddot{S}i^3 + 3\ \ddot{\ddot{A}}l\ \dddot{S}i^2$, qui exprime assez bien la composition du béril Twiesel en Bavière, d'après l'analyse de Bucholz, donne sa pesanur spécifique égale à 2,72, en divisant par 3 le poids d'atome qui en sulte.

(*b*) Dans l'épidote, une partie de la chaux est remplacée par le protide de fer : j'ai désigné cela par le troisième membre de la rmule.

(*c*) Cette formule a été calculée d'après l'analyse de M. Strohmeyer, ui s'accorde aussi avec celle de M. Gmelin.

ANALYSE *des Tubercules de l'*Helianthus tuberosus, *et Observations sur la Dahline.*

PAR Mr HENRI BRACONNOT,
Correspondant de l'Académie royale des Sciences.

ON sait que les tubercules de l'*helianthus tuberosus*, vulgairement poire de terre, topinambour ou artichaut de Jérusalem, sont cultivés avec succès pour la nourriture des bestiaux, et présentent surtout une ressource précieuse pour les moutons, à la fin de l'hiver et au commencement du printemps. On sait aussi qu'ils offrent à l'homme un aliment assez agréable, qui est même préféré par quelques personnes à la pomme de terre, lorsqu'il a été préparé d'une manière convenable. M. Turk, qui cultive en plein champ le topinambour, m'engagea, il y a deux ans, à en faire l'analyse ; je me rendis à son desir ; mais je ne donnai pas de suite à mes recherches, quoiqu'elles m'eussent offert pour résultat une fécule qui n'était point de l'amidon, et dont j'avais même déjà étudié les principales propriétés. Je me suis déterminé à reprendre mon travail après avoir lu, dans le *Bulletin de Pharmacie* (1), l'extrait d'un Mémoire de M. Payen, qui a décrit, sous le nom de *dahline*, une substance semblable à celle que j'avais trouvée dans le topinambour.

(1) Août 1823.

Examen du Suc de topinambour et de son altération spontanée.

Les tubercules de topinambour nouvellement arrachés de terre sur la fin de l'automne (1), ont été réduits en pulpe à l'aide d'une râpe : cette pulpe, qui est très-blanche aussitôt qu'elle vient d'être obtenue, comme celle de la plupart des fruits, n'a pas plutôt reçu le contact de l'air, qu'elle prend une couleur brune foncée, sans qu'on puisse rappeler la couleur blanche primitive; mais j'ai reconnu que celle-ci pouvait se maintenir indéfiniment par l'addition d'une petite quantité d'acide sulfurique. J'ai mis de la pulpe de topinambour dans deux vases ; dans l'un j'ai ajouté très-peu d'acide sulfurique affaibli : au bout de deux mois la pulpe mélangée d'acide avait conservé toute sa blancheur, et le suc qu'on en exprimait était aussi incolore qu'il pouvait l'être dans les vaisseaux de la plante avant qu'ils fussent déchirés; tandis que le contenu de l'autre vase dans lequel je n'avais pas ajouté d'acide était d'un brun foncé et dans un état d'altération manifeste.

Le suc de topinambour nouvellement exprimé est d'une couleur brune, qui devient plus foncée par l'exposition à l'air. Sa saveur est sucrée. Abandonné à lui-même, il laisse déposer un sédiment blanchâtre plus ou moins abondant, puis il éprouve bientôt, surtout à une douce température, une altération fort remarquable, ou cette

---

(1) J'indique cette circonstance, parce qu'il m'a paru qu'en conservant ces tubercules pendant quelque temps, la quantité de fécule diminuait sensiblement.

sorte de fermentation visqueuse que j'ai observée il y a long-temps dans le suc de betterave, et sur laquelle M. de Dombasle a publié une note dans la Bibliothèque britannique, il y a environ douze ans. Cette altération du suc de topinambour est telle qu'il se convertit en une masse glaireuse extrêmement filante et plus épaisse que du blanc d'œuf; bientôt après succède un mouvement de fermentation alcoolique qui passe à l'acide; et, malgré toutes ces altérations, le suc paraît d'une saveur tout aussi sucrée et même plus franche qu'auparavant. Evaporé, il a offert des cristaux aciculaires très-fins, disposés en longs rayons divergens. Traité par l'alcool, ce suc concentré m'a donné une grande quantité de matière sucrée cristallisée en fines aiguilles soyeuses, qui avaient toutes les propriétés de la mannite. Cependant il m'a été impossible de reconnaître la moindre trace de cette substance dans le suc de topinambour non fermenté, de même que dans le suc de betterave, à moins que celui-ci n'ait éprouvé la fermentation acéteuse, car alors il donne, ainsi que je l'ai reconnu, de la mannite en abondance (1).

Le suc de topinambour, exposé à la chaleur, ne donne point d'indice de la présence de l'albumine : cependant les acides le troublent sur-le-champ et en séparent un sédiment très-divisé assez abondant, et la liqueur est en partie décolorée. Avant de nous occuper de ce dépôt, qui a des caractères assez particuliers, examinons celui qui se forme spontanément dans le suc de topinambour.

---

(1) *Annales de Chimie*, t. LXXXVI, p. 95.

Examen du Dépôt formé spontanément dans le suc de topinambour.

500 gram. de pulpe de topinambour, obtenue avec une râpe fine, ont été soumis à une très-forte pression; le suc qui en est provenu a été abandonné à lui-même pendant quelque temps à une température basse et insuffisante pour le convertir en une masse glaireuse. Le dépôt blanchâtre qui en est résulté ressemblait à de l'amidon; bien lavé sur une toile fine, puis exprimé graduellement et desséché, il pesait 8,88 gram.; traité par l'eau bouillante, il s'y est dissous en grande partie, à l'exception d'une matière brunâtre, laquelle, desséchée, pesait 0,56 gram. Nous y reviendrons dans un instant.

La dissolution, évaporée jusqu'à pellicule, a laissé déposer, au bout de quelques heures, une fécule blanche, grenue, que j'avais jugé semblable à la dahline de M. Payen. On va voir, par l'examen comparé que je vais présenter de ces deux substances, jusqu'à quel point mon opinion était fondée.

Examen comparé de la fécule blanche de topinambour avec la dahline.

La fécule de topinambour, telle que je l'ai obtenue dans son état de pureté, est parfaitement insipide, inodore, en masses fendillées, d'un blanc opaque et éclatant comme l'amidon, mais ayant plus de cohésion que ce dernier, et ne se laissant pas, comme lui, écraser entre les doigts en une poudre impalpable. Cette substance acquiert dans plusieurs circonstances la demi-transparence de la corne; par exemple, lorsqu'elle retient de la gomme,

ANALYSE *des Tubercules de l'*Helianthus tuberosus, *et Observations sur la Dahline.*

PAR Mr HENRI BRACONNOT,
Correspondant de l'Académie royale des Sciences.

ON sait que les tubercules de l'*helianthus tuberosus*, vulgairement poire de terre, topinambour ou artichaut de Jérusalem, sont cultivés avec succès pour la nourriture des bestiaux, et présentent surtout une ressource précieuse pour les moutons, à la fin de l'hiver et au commencement du printemps. On sait aussi qu'ils offrent à l'homme un aliment assez agréable, qui est même préféré par quelques personnes à la pomme de terre, lorsqu'il a été préparé d'une manière convenable. M. Turk, qui cultive en plein champ le topinambour, m'engagea, il y a deux ans, à en faire l'analyse; je me rendis à son desir; mais je ne donnai pas de suite à mes recherches, quoiqu'elles m'eussent offert pour résultat une fécule qui n'était point de l'amidon, et dont j'avais même déjà étudié les principales propriétés. Je me suis déterminé à reprendre mon travail après avoir lu, dans le *Bulletin de Pharmacie* (1), l'extrait d'un Mémoire de M. Payen, qui a décrit, sous le nom de *dahline*, une substance semblable à celle que j'avais trouvée dans le topinambour.

---

(1) Août 1823.

Examen du Suc de topinambour et de son altération spontanée.

Les tubercules de topinambour nouvellement arrachés de terre sur la fin de l'automne (1), ont été réduits en pulpe à l'aide d'une râpe : cette pulpe, qui est très-blanche aussitôt qu'elle vient d'être obtenue, comme celle de la plupart des fruits, n'a pas plutôt reçu le contact de l'air, qu'elle prend une couleur brune foncée, sans qu'on puisse rappeler la couleur blanche primitive ; mais j'ai reconnu que celle-ci pouvait se maintenir indéfiniment par l'addition d'une petite quantité d'acide sulfurique. J'ai mis de la pulpe de topinambour dans deux vases ; dans l'un j'ai ajouté très-peu d'acide sulfurique affaibli : au bout de deux mois la pulpe mélangée d'acide avait conservé toute sa blancheur, et le suc qu'on en exprimait était aussi incolore qu'il pouvait l'être dans les vaisseaux de la plante avant qu'ils fussent déchirés ; tandis que le contenu de l'autre vase dans lequel je n'avais pas ajouté d'acide était d'un brun foncé et dans un état d'altération manifeste.

Le suc de topinambour nouvellement exprimé est d'une couleur brune, qui devient plus foncée par l'exposition à l'air. Sa saveur est sucrée. Abandonné à lui-même, il laisse déposer un sédiment blanchâtre plus ou moins abondant, puis il éprouve bientôt, surtout à une douce température, une altération fort remarquable, ou cette

(1) J'indique cette circonstance, parce qu'il m'a paru qu'en conservant ces tubercules pendant quelque temps, la quantité de fécule diminuait sensiblement.

ou qu'elle a été exposée avec une petite quantité d'eau à une température insuffisante pour en opérer la solution complète, et qu'on l'a laissé dans cet état se dessécher spontanément. La dahline desséchée et en masse offre toujours la demi-transparence de la corne.

La fécule de topinambour, mise en contact avec de l'eau froide, s'y délaie en formant une bouillie extrêmement ténue à la manière de l'amidon ; une petite quantité de cette bouillie délayée avec beaucoup d'eau s'y divise à l'infini, sans s'y dissoudre d'une manière sensible, et communique à la liqueur un aspect légèrement nacré comme une dissolution de savon. La dahline se comporte de même.

L'eau bouillante dissout avec la plus grande facilité la fécule de tompinambour; cette solution, qui peut même s'opérer à 65°, est parfaitement transparente ; évaporée jusqu'à pellicule, elle se prend en une masse grenue; mais comme cette matière est presqu'insoluble à *froid*, on conçoit qu'il n'est pas nécessaire de réduire par l'évaporation sa dissolution dans l'eau chaude pour qu'elle puisse s'en séparer en grande partie quelques heures après le refroidissement : en effet, si on dissout une partie de cette fécule dans quatre parties d'eau bouillante, la liqueur se prend, au bout de quarante-huit heures, en une masse blanche opaque, qui ressemble à du fromage, et de laquelle il ne s'écoule point de liquide en inclinant le vase. La dahline, traitée de la même manière, m'a donné absolument les mêmes résultats : cependant, d'après M. Payen, cette dernière ne peut se précipiter de sa dissolution dans l'eau chaude que lorsqu'elle est concentrée presqu'au point de former une pellicule.

La même substance, mise sur un fer rouge, brûle avec une flamme vive et brillante, tandis que la dahline ne s'est point enflammée; celle-ci, placée sur un fer rouge sombre, se fond, coule comme du sucre en répandant une odeur de caramel, et laisse un résidu charbonneux; celle-là, placée exactement dans la même circonstance, se fond aussi en exhalant une odeur de sucre brûlé, mais sans laisser de résidu charbonneux.

Si, au lieu d'exposer la fécule de topinambour à une haute température, on se contente de la chauffer dans une capsule jusqu'au point où elle commence à s'y fondre, on obtient un résultat assez remarquable : elle se convertit en une matière sucrée très-soluble dans l'eau froide. La dahline s'est comportée à-peu-près de la même manière : seulement, comme elle exige, à ce qu'il m'a paru, une plus forte chaleur pour se fondre, le résidu soluble était beaucoup plus coloré et d'une saveur sucrée bien moins prononcée.

A la distillation, les deux substances ont donné un produit brun acide sans aucune trace d'huile. L'alcool forme dans la solution aqueuse de la fécule de topinambour un précipité blanc divisé, soluble dans une grande quantité d'eau froide. On obtient absolument le même résultat avec la dahline, comme l'a observé M. Payen.

L'eau de baryte produit dans la solution aqueuse de fécule de topinambour une masse caséiforme, qui se redissout dans la liqueur par l'agitation, lorsque, toutefois, on n'a pas ajouté un excès d'eau de baryte; car, dans le cas contraire, le précipité ne se dissout plus, à moins qu'on n'ajoute au mélange une certaine quantité d'eau. Même résultat avec la dahline.

L'infusion de noix de galle n'en trouble en aucune manière la transparence dans le moment du mélange; mais au bout de plusieurs heures, il se forme un précipité soluble à la température de 50°. La dahline donne précisément le même résultat. Je dois cependant faire observer que ces précipités ne sont point des combinaisons comme on serait disposé à le penser, mais tout simplement les fécules elles-mêmes qui se séparent peu à peu à raison de leur insolubilité.

Une légère dissolution de potasse dissout à froid la fécule de topinambour; cette dissolution, évaporée à siccité, laisse un résidu parfaitement transparent, presque incolore, très-soluble dans l'eau froide, qui a une parfaite ressemblance avec de la gomme; mais la fécule ne paraît pas avoir éprouvé d'altération remarquable, et les acides la séparent plus ou moins promptement suivant que la dissolution est plus ou moins concentrée. La dahline, soumise au même traitement, s'est comportée de la même manière; au reste il ne m'a point paru qu'une longue ébullition dans l'eau altérât ces fécules et les rendît plus solubles dans l'eau froide, comme M. Payen le pense par rapport à la dahline.

L'acide sulfurique concentré dissout ces matières en se colorant en brun; l'ammoniaque les précipite, mais l'eau et l'alcool n'y font aucun changement.

D'après l'exposé que je viens de présenter des propriétés respectives de la fécule de topinambour et de la dahline, il me semble que l'on ne peut se refuser à reconnaître que ces substances ont entre elles une très-grande analogie. La ressemblance serait même tout-à-fait parfaite si la fécule de topinambour avait constam-

ment une demi-transparence cornée, et qu'elle laissât après sa combustion un résidu charbonneux; mais nous verrons plus bas que lorsqu'elle retient une petite quantité de matière gommeuse, elle se trouve précisément dans ce cas, en sorte qu'on ne peut plus la distinguer de la dahline.

Conclurai-je de l'identité de ces deux substances que l'on doit en faire un principe immédiat nouveau? Non assurément; car les diverses propriétés que je viens de rapporter appartiennent à l'inuline, principe qui paraît propre aux plantes de la famille des asterées: telles que l'aunée, la pyrèthre, les dahlias, le topinambour.

Examen de la portion insoluble dans l'eau bouillante du dépôt formé spontanément dans le suc de topinambour.

Cette matière, du poids de 0,56 gram., a été mise en digestion avec de l'acide muriatique très-affaibli. L'ammoniaque a formé dans la liqueur filtrée un précipité blanchâtre du poids de 0,07 gram.; décomposé avec une très-petite quantité d'acide sulfurique affaibli, puis délayé avec l'alcool, on a obtenu un acide qui a parfaitement cristallisé, que je présumais être de l'acide citrique; mais après l'avoir comprimé avec du papier gris et fait redissoudre dans un peu d'eau, une goutte de cette dissolution fut précipitée abondamment par l'acétate de plomb, et le précipité disparut entièrement avec quelques atomes d'acide nitrique, mais non dans le vinaigre distillé. Une autre portion de cet acide dissous dans l'eau et saturé partiellement avec de la potasse, a laissé dé-

poser du tartre : ainsi les 0,07 gram. enlevés par l'acide muriatique affaibli étaient du tartre de chaux, ce qui réduit à 0,49 gram. la portion du dépôt insoluble dans l'eau bouillante; mais comme cette portion était de même nature que celle formée par les acides dans le suc de topinambour, on a versé de l'acide acétique dans le même suc qui avait déposé spontanément les matières qui sont l'objet de ces recherches, et il s'est produit un nouveau précipité. Lavé et desséché, il pesait 4,46 gram., et fut réuni aux 0,49 gram. susdits, ce qui a donné 4,95 gram. de matière que l'on a traitée à plusieurs reprises par l'alcool bouillant; celui-ci, en refroidissant, a laissé déposer une matière qui formait aussi à la surface de la liqueur des plaques demi-transparentes; cette matière fondue était demi-transparente, d'un blanc jaunâtre, ressemblait à de la cire et en avait les propriétés; elle pesait 0,15 gram. Le liquide alcoolique évaporé a laissé 0,3 gram. d'une huile jaune, qui s'est figée à une basse température, et contenait encore de la cire. Cette huile, qui s'est épaissie à l'air, avait l'odeur caractéristique du topinambour; elle s'est dissoute avec la plus grande facilité dans une légère dissolution de potasse ainsi que dans l'alcool.

Les 4,95 gram. de matière ainsi privée par l'alcool bouillant de la cire et de l'huile, ont laissé une substance particulière, qui mérite de fixer l'attention des chimistes, parce que c'est elle qui, en agissant sur le sucre, produit ce singulier changement d'état que j'avais cru devoir désigner sous le nom de *fermentation visqueuse*.

Examen du principe particulier qui détermine la fermentation visqueuse.

J'ai trouvé ce principe dans le jus de betterave et dans celui de topinambour, dans lesquels il est si faiblement retenu en dissolution, que non-seulement les acides et la plupart des réactifs le précipitent, mais qu'il tend à s'en séparer en partie de lui-même par le repos. La chaleur n'accélère en aucune manière la séparation des sucs qui le contiennent : seulement, lorsqu'on les concentre, il forme à leur surface des pellicules colorées insolubles, qui se renouvellent jusqu'à la fin de l'évaporation : sous ce rapport, on ne peut confondre cette substance avec le gluten ou l'albumine, qui se concrète à une chaleur de 55° en gros flocons qui se déposent très-promptement. Cette substance, telle qu'elle a été précipitée par les acides, est dans un grand état de division ; elle n'a aucune qualité colante ni visqueuse, et forme une pâte lisse.

Desséchée, elle est d'une couleur foncée, quelquefois presque noire. C'est elle qui colore en grande partie les sucs de topinambour et de betterave, et que l'on sépare de ce dernier par le moyen de la chaux dans la fabrication du sucre.

Distillée, elle se ramollit, se boursouffle, donne un produit alcalin et beaucoup d'huile empyreumatique. Abandonnée à une douce température à l'état de pâte, elle se résout en un liquide brun, d'une odeur fétide de crucifères pourris. Ce liquide, délayé dans l'eau, filtré et évaporé, a laissé un résidu ressemblant à de la colle forte, et dans la dissolution duquel l'infusion de noix de galle a formé un précipité.

Brûlée sur une lame d'argent, elle y a formé une tache brune due à la présence du soufre.

Le même principe est insoluble dans l'ammoniaque; mais il passe facilement dans une légère dissolution de potasse si on y verse un acide pour neutraliser la potasse et sans outre-passer le point de saturation; une portion de la matière dissoute se précipite; mais il en reste dans la liqueur, quoique saturée, une autre portion qui en est précipitée par un léger excès d'acide.

De toutes les propriétés de ce principe, la plus remarquable est sa manière d'agir sur le sucre. Si, après qu'il vient d'être précipité du jus de topinambour par l'acide sulfurique affaibli, on le délaie avec de l'eau sucrée et que l'on expose le tout à une température convenable, il éprouve à peine la fermentation alcoolique, passe à l'acide, et le principe dont il s'agit, après avoir sans doute subi quelques modifications, se dissout dans la liqueur, laquelle, de limpide et de très-coulante qu'elle était, prend un aspect légèrement laiteux ou opalin, et devient épaisse, filante et visqueuse comme du blanc d'œuf. L'alcool en a séparé une matière glutineuse, élastique, fort abondante. Je m'attendais, en évaporant cette liqueur, à obtenir de la mannite; mais elle n'en a point fourni, ce qui peut être dû à ce qu'elle n'a été qu'imparfaitement convertie en vinaigre.

Examen du suc de topinambour duquel on a séparé la matière précédente par l'acide acétique.

On a versé dans ce suc, qui avait encore une couleur rougeâtre, de l'acétate de plomb : il s'est formé un pré-

cipité blanchâtre que l'on a séparé, par le filtre, de la liqueur qui était presque décolorée; ce précipité, décomposé par l'acide hydro-sulfurique, m'a donné un acide très-aigre, assez abondant, presqu'incolore, qui a refusé de cristalliser; traité par l'alcool, celui-ci en a séparé 0,7 gram. d'une matière blanche grenue, que j'ai trouvée composée de 0,4 gram. de citrate de chaux, 0,2 gram. de phosphate de chaux et environ 0,1 gram. de matière gommeuse. La dissolution alcoolique de l'acide dont il s'agit s'est troublée par la chaleur, et s'est éclaircie par le refroidissement; mais on n'a pas mieux réussi à le faire cristalliser, quoique placé dans les circonstances les plus favorables. Brûlé au feu du chalumeau sur une pointe d'argent, il a laissé quelques globules d'acide phosphorique vitreux fondu. Je me suis déterminé à saturer la totalité de cet acide avec du carbonate de chaux; j'ai évaporé à siccité et lavé le résidu avec un peu d'eau, qui en a séparé de la matière colorante et environ 0,2 gram. de malate de chaux impur. Il est resté un sel calcaire très-blanc, peu soluble, décomposé par l'acide sulfurique affaibli; il a fourni un acide que l'on a abandonné à une douce température; il s'est pris au bout de deux jours en une masse cristalline, laquelle, pressée fortement dans du papier gris, avait toutes les propriétés de l'acide citrique. Cet acide était combiné dans les tubercules de topinambour avec la potasse. J'estime la quantité de citrate de potasse à 5,35 gram.

On a vu que le suc de topinambour, précipité par l'acide acétique, avait encore une couleur rougeâtre; et cependant, après y avoir versé de l'acétate de plomb, la liqueur surnageante était presqu'incolore, de même que

celle résultant de la décomposition du précipité acidifère par l'acide hydrosulfurique ; d'où il suit que le sulfate de plomb devait contenir une matière colorante que je soupçonnai la même que celle qui est précipitée du suc par les acides, et qui avait échappé à l'acide acétique. En effet, ce sulfure de plomb, soumis à la distillation, a donné de l'huile empyreumatique et un produit ammoniacal qui a rappelé au bleu le papier teint en rouge par le tournesol. Le suc de topinambour dans lequel j'avais versé de l'acétate de plomb fut débarrassé de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré ; mis en ébullition, filtré et évaporé, il a laissé un résidu sucré, ayant l'aspect du miel ; traité par de l'alcool affaibli, celui-ci a dissous la plus grande partie de la matière sucrée, et a laissé une gomme retenant encore du sucre, qui n'en a été séparée qu'après avoir été précipitée plusieurs fois par l'alcool ; mais elle était encore loin d'être dans son état de pureté, car sa dissolution concentrée a *laissé* déposer, au bout de quelques jours, une assez grande quantité d'inuline. Celle-ci, bien lavée et desséchée, pesait 5,5 gram. : au lieu d'être d'un blanc mat comme l'amidon, elle était jaunâtre, demi-transparente, et avait tout-à-fait l'aspect de la dahline de M. Payen. Mise sur un fer chauffé au rouge, au lieu de brûler avec un flamme vive et brillante sans laisser de résidu comme l'inuline pure, elle ne s'est point enflammée, et a laissé un charbon même plus abondant que la dahline soumise à la même épreuve ; ce qui me confirme dans l'opinion que ces matières retiennent une gomme que les lavages ne peuvent leur enlever. J'ai éprouvé la même difficulté lorsque j'ai voulu séparer entièrement l'inuline de la matière gommeuse du topi-

nambour, j'ai cependant amené celle-ci à l'état d'une substance transparente, brune, peu sapide ou d'une légère saveur de bouillon, très-soluble dans l'eau, et formant un vernis à la surface des corps. Sa dissolution n'est point troublée par le sulfate rouge de fer, qui forme une gelée rougeâtre avec la plupart des gommes. L'eau de baryte, l'acétate de plomb et le nitrate de mercure protoxidé y ont fait des précipités. Le nitrate d'argent y a produit un coagulum demi-transparent comme de l'empois. L'eau de chaux n'y a occasioné aucun changement. Cette matière gommeuse, traitée par l'acide nitrique, a donné beaucoup d'acide oxalique, mais point d'acide mucique. Je l'évalue à 5,39 gram.

Le résidu sucré, après avoir été privé par l'alcool, ainsi que nous l'avons dit, de la plus grande partie de la matière gommeuse et de l'inuline, retenait encore de ces deux substances dans un état d'union si intime qu'il m'a été impossible d'obtenir la matière sucrée cristallisée, quoique traitée plusieurs fois par de l'alcool à différens degrés de concentration. Cette matière sucrée est un des principes les plus abondans du topinambour; je l'évalue à environ 74 grammes.

Examen du Marc de topinambour.

Le marc provenant des 500 gram. de pulpe de topinambour, bien lavé, paraissait entièrement formé de vaisseaux blancs, celluleux, transparens : épuisé par une longue ébullition dans l'eau, il a fourni de la matière gommeuse et un résidu insoluble du poids de 12,4 gram., qui ne ressemblait point à la fibre ligneuse; mis en contact avec de l'eau, il a absorbé 142 gram. de

ce liquide sans qu'il pût s'en écouler en inclinant le vase; il en est résulté une bouillie, laquelle, abandonnée pendant environ un mois à une douce chaleur, s'est aigrie : traitée ensuite par l'eau bouillante, elle a fourni une quantité assez notable d'extrait gommeux, et le résidu insoluble s'est réduit à 6,2 gram. : ce dernier, traité par la potasse, s'y est dissous en partie en laissant fort peu de matière ligneuse. Le marc de topinambour traité par l'alcool donne aussi une petite quantité d'huile et de cire; mais je n'ai point trouvé de résine dans les tubercules, quoiqu'ils laissent quelquefois exsuder à leur surface une substance en larmes transparentes, d'un beau jaune, qui a les propriétés des résines; il me paraît probable que l'origine de cette substance est due à l'huile qui s'épaissit au contact de l'air après son extravasation.

Incinération du Topinambour.

500 grammes de ces tubercules, coupés par tranches et parfaitement desséchés, se sont réduits au poids de 114 gram., et ont laissé après la combustion 6 gram. de cendres; celles-ci ont fourni à l'eau 5,06 gram. de matières salines composées de : sous-carbonate de potasse desséché, 3,76 gram.; sulfate de potasse, 0,6 gram.; muriate de potasse, 0,4 gram.; phosphate de potasse, 0,3 gram. La portion insoluble de cette cendre était presque entièrement formée de phosphate de chaux; elle a donné : phosphate de chaux ferruginé, 0,72 grammes; silice, 0,12 gram.; carbonate de chaux, des indices.

Il résulte de l'analyse que je viens de présenter du topinambour, que ces tubercules sont composés ainsi qu'il suit :

1°.	Eau	386g,00;
2°.	Matière sucrée incristallisable	74 ,00;
3°.	Inuline	15 ,00;
4°.	Squelette végétal	6 ,10;
5°.	Matière gommeuse	5 ,39;
6°.	Citrate de potasse	5 ,35;
7°.	Substance particulière produisant la fermentation visqueuse	4 ,95;
8°.	Phosphate de chaux ferruginé	0 ,72;
9°.	Sulfate de potasse	0 ,60;
10°.	Citrate de chaux	0 ,40;
11°.	Muriate de potasse	0 ,40;
12°.	Phosphate de potasse	0 ,30;
13°.	Huile très-soluble dans l'alcool et dans la potasse	0 ,30;
14°.	Cérine	0 ,15;
15°.	Malate de potasse	0 ,15;
16°.	Silice	0 ,12;
17°.	Tartrate de chaux	0 ,07.
	Total	500g,00.

RAPPORT *sur un Mémoire de M.* Rousseau *relatif à un nouveau moyen de mesurer la conductibilité des corps pour l'électricité.*

Par MM. AMPÈRE et DULONG.

M. ROUSSEAU, qui s'est occupé pendant plusieurs années de la construction des piles sèches, dans la vue de découvrir les circonstances qui modifient l'énergie et la

durée de leur action, a conçu l'idée d'employer ces instrumens pour apprécier les différens degrés de conductibilité des substances rangées dans la classe des mauvais conducteurs électriques. Il a imaginé, pour cet objet, un appareil dont nous allons donner un aperçu. La pile sèche, qui en fait la partie principale, est montée avec des disques de zinc et de clinquant, séparés par des rondelles de parchemin imbibées d'un mélange à parties égales d'huile de pavot et d'essence de térébenthine; le tout est revêtu latéralement de résine pour empêcher le contact de l'air. Cette pile communique avec le sol par sa base. Son extrémité supérieure peut être réunie par un fil métallique avec un pivot vertical isolé, sur lequel est placée une aiguille d'acier faiblement aimantée, que l'on rend horizontale. A la même hauteur que l'aiguille, et à une distance du pivot presque égale à la moitié de la longueur de celle-ci, se trouve une boule métallique isolée aussi, mais communiquant avec la pile. On voit, par cette disposition, que l'électricité accumulée au pole supérieur de la pile peut se répandre dans l'aiguille et la boule, et qu'il en doit résulter une force répulsive tendant à écarter l'aiguille, qui est mobile, de la boule, qui est fixe. En plaçant dans le méridien magnétique le pivot et la boule, l'aiguille la touche et reste immobile à ce point tant que l'appareil ne communique pas avec la pile; mais dès l'instant où cette communication est établie, l'aiguille est repoussée, et après avoir exécuté quelques oscillations, elle prend une position d'équilibre qui dépend de la force magnétique qu'on lui a donnée et de l'énergie de la pile. Ces deux quantités restent constantes pendant un temps considérable pour un même appareil, comme on peut

s'en assurer en déterminant, sur une division circulaire adaptée à la cage qui recouvre l'aiguille, l'angle qu'elle fait avec le méridien magnétique lorsqu'elle est arrivée à une position fixe. On aurait pu remplacer l'aiguille magnétique par une autre simplement conductrice de l'électricité, en la suspendant par un fil métallique d'un diamètre et d'une longueur convenables. Mais l'appareil de M. Rousseau est beaucoup plus commode et suffisamment sensible pour le genre d'effet qu'il s'est proposé de mesurer.

Pour l'employer à la recherche des divers degrés de conductibilité, il suffit de placer dans le trajet que doit parcourir le fluide électrique les divers corps que l'on veut soumettre à l'expérience, avec la précaution de rendre toujours égale l'épaisseur que l'électricité doit traverser. Si l'écoulement de la quantité d'électricité nécessaire pour produire la plus grande déviation n'est pas instantané, le temps que l'aiguille mettra pour parvenir à sa position stable, pourra être pris pour la mesure du degré de conductibilité de la substance employée.

Pour soumettre les liquides à ce genre d'épreuves, M. Rousseau place ces substances dans de petits vases métalliques qui communiquent, par leur pied, avec l'aiguille et la boule; puis il place dans le liquide une des extrémités d'un fil métallique recouvert en partie de gomme laque, afin que la même surface de métal soit toujours en contact avec le liquide, et il mesure la durée du mouvement de l'aiguille, à partir du moment où la communication est établie avec la pile, par l'autre extrémité du fil.

En soumettant à ce genre d'épreuves les huiles fixes

végétales en usage dans les arts et dans l'économie domestique, M. Rousseau a constaté un fait très-singulier, et dont la connaissance pourra devenir fort utile au commerce : c'est que l'huile d'olive possède une propriété conductrice très-inférieure à celle de toutes les autres huiles végétales ou animales, qui présentent cependant avec elle les plus fortes analogies dans toutes leurs propriétés physiques. Nous avons observé, par exemple, que pour produire une certaine déviation, tout étant égal de part et d'autre, l'huile d'olive exigeait 40′, et l'huile de faîne ou de pavot 27″. En ajoutant à l'huile d'olive un centième seulement d'une autre espèce d'huile, on réduit le temps nécessaire pour produire le même effet à 10′. Il serait donc facile de découvrir, à l'aide de cet instrument, les plus petites traces d'une huile qui aurait été mêlée par fraude à l'huile d'olive.

Si la proportion du corps étranger devenait considérable, la différence du temps nécessaire pour produire le maximum de l'effet ne serait plus assez grande, et ne pourrait plus être mesurée avec une précision suffisante pour indiquer le rapport des élémens; mais il serait facile de modifier l'appareil de manière à le rendre propre à ce genre de détermination.

Les graisses solides conduisent moins bien que les huiles animales : ce qui tient, à n'en pas douter, à la proportion de stéarine plus grande dans les premières que dans les secondes; car M. Rousseau s'est assuré, en essayant comparativement de la stéarine et de l'oléine qui avaient été préparées par M. Chevreul, que la conductibilité de la dernière l'emportait de beaucoup sur celle de la première. La graisse d'un animal conduit d'autant plus

mal que l'individu d'où elle provient était plus avancé en âge.

On remarque encore, à l'aide du même appareil, une différence notable entre la résine, la gomme laque, le soufre, qui sont les plus isolans de tous les corps connus, et la soie, le cristal, le verre ordinaire.

Quant aux liquides spiritueux ou aqueux, acides, alcalins ou neutres, M. Rousseau n'a pu apercevoir aucune différence dans leur propriété conductrice, le temps que met l'aiguille à parvenir au maximum de déviation étant trop court, dans tous ces cas, pour que l'on puisse en reconnaître l'inégale durée. Mais on apprécierait aisément les différens degrés de cette propriété au moyen d'une modification de l'appareil semblable à celle qui permettrait de déterminer les proportions d'un mélange d'huile.

Il serait également possible et très-curieux de faire sur diverses substances l'épreuve des deux espèces d'électricités; car il suffirait pour cela de mettre alternativement en communication avec le sol les deux poles de la pile. Il est probable, d'après les résultats obtenus anciennement par Ermann, que l'on trouverait une différence pour quelques substances.

Dans une seconde note lue à l'Académie et renvoyée également à notre examen, M. Rousseau décrit un autre appareil qu'il nomme *galvanomètre atmosphérique*. C'est encore une pile sèche communiquant par sa base avec le sol, et portant sur son disque supérieur une cuvette hémisphérique, dans laquelle est placée une aiguille faiblement aimantée. Celle-ci est supportée par un pivot qui ne touche pas la cuvette, et dont l'extrémité inférieure

remonte verticalement et se recourbe ensuite pour communiquer avec le sol. Ici, l'aiguille ne reçoit pas d'électricité de la pile; mais elle se trouve électrisée par l'influence qu'exerce sur elle le fluide libre que la pile laisse écouler dans les parois de la cuvette. En plaçant le support et le pivot dans le méridien magnétique, l'aiguille est repoussée par la partie du support qui éprouve la même influence qu'elle, et qui se trouve par conséquent chargée d'une électricité de même nature : or, M. Rousseau a remarqué que la déviation ne restait pas constamment la même, et il a cru devoir attribuer ces variations à l'état électrique de l'atmosphère. Nous ne pensons pas que les effets de cet instrument soient assez simples et assez indépendans de toute autre circonstance pour que l'on puisse tirer une pareille conséquence. On sait que la température exerce une influence très-notable sur la rapidité du mouvement de l'électricité dans les piles sèches, et surtout lorsqu'elles sont anciennement construites; ce qui est précisément le cas de celle dont M. Rousseau s'est servi. De plus, l'air atmosphérique doit faire éprouver à la grande surface métallique qui communique avec le sommet de la pile une perte plus ou moins grande dans le même temps, selon l'état hygrométrique de l'atmosphère. Enfin, les courans d'air que déterminent les variations subites de température, comme celles qui surviennent lorsque le soleil paraît pendant quelques instans, doivent rendre plus variables encore la charge de l'instrument, qui ne peut pas toujours réparer instantanément la perte occasionée par les diverses causes que nous venons d'énumérer. Il faudrait donc étudier séparément la marche de ces trois espèces

d'effets pour découvrir si, dans les phénomènes observés, l'état électrique de l'atmosphère entre pour quelque chose.

Nous pensons que l'Académie doit engager M. Rousseau à poursuivre ses intéressantes recherches sur les conducteurs électriques, avec le zèle et la persévérance qui l'ont déjà conduit à des résultats immédiatement applicables aux arts; et à examiner les diverses questions que nous venons d'énoncer, et dont la solution serait très-importante pour la théorie encore si obscure des piles sèches.

SUR *l'Essai et le Traitement du sulfure d'antimoine*.

Par Mr P. BERTHIER, Ingénieur des Mines.

IL existe en France un assez grand nombre d'établissemens dans lesquels on prépare l'antimoine métallique (régule d'antimoine). Les principaux sont situés à Clermont, à Riom et à Alais : cependant on a très-peu de données relativement aux procédés que l'on y suit, parce que jusqu'ici les fabricans en ont fait un mystère, et qu'ils ont rigoureusement interdit la visite de leurs ateliers, même aux personnes les plus éclairées et qui auraient pu leur donner des conseils utiles. Je doute que cette conduite leur ait été avantageuse, du moins paraît-il certain que leur art serait susceptible de recevoir de grandes améliorations. C'est pour les mettre

sur la voie de ces améliorations que je vais rapporter ici les expériences que j'ai faites, dans le but de comparer entr'eux les différens moyens qu'on peut employer pour séparer le soufre de l'antimoine; je déduirai en même temps de ces expériences quelques conséquences concernant les essais du sulfure d'antimoine par la voie sèche; mais auparavant j'exposerai succinctement les renseignemens que j'ai pu me procurer sur les procédés de fabrication.

Fournier le jeune est le premier, en France, qui ait fabriqué le régule d'antimoine en grand : son établissement, qu'il avait placé à Orléans, a servi de modèle à tous ceux qui se sont formés depuis. Il décrit ainsi qu'il suit, dans son *Manuel typographique*, le mode de fabrication qu'il avait adopté.

Le minerai dont on extrait le régule est composé de soufre et d'antimoine. On le pulvérise et on le passe à travers des tamis dont les trous ont tout au plus la largeur d'une petite lentille; on grille le minerai tamisé dans un four qui a 8 à 9 pieds de long sur environ 7 de large. Ce four est divisé en trois parties par deux petits murs en briques parallèles, hauts de 6 à 8 pouces et distans l'un de l'autre de 4 à 5 pieds. On met du bois bien sec dans les deux parties latérales, et l'on étend, dans l'espace compris entre les petits murs, 200 à 250 livres de minerai pulvérisé. On fait d'abord un grand feu pour échauffer la matière; puis, lorsqu'elle blanchit à la surface et qu'elle commence à jeter de la fumée, on abaisse la température et on commence à remuer avec un ringard, et l'on continue cette manœuvre sans interruption pendant dix, douze et même quelquefois pen-

dant quinze heures. Cette opération est pénible. Le ringard a $1\frac{1}{2}$ pied de large; son manche a 10 à 12 pieds de longueur; il est suspendu par son milieu à une chaîne fixée au plafond de l'atelier, au-dessus de la bouche du fourneau. Cette disposition facilite beaucoup le travail, et permet aux ouvriers de se tenir éloignés des vapeurs antimoniales qui sont entraînées dans la cheminée. Il faut avoir grande attention à maintenir la chaleur à un degré convenable, afin que le sulfure se grille sans se fondre ni même se ramollir. On juge que le grillage est terminé quand la matière ne fume presque plus, et qu'elle se présente en petits grains arrondis d'une couleur briquetée : alors on laisse éteindre le feu et on ne vide le four que le lendemain. Le déchet qu'on éprouve dans le grillage est très-considérable et s'élève quelquefois jusqu'à 50 pour cent.

Pour réduire le minerai grillé, on le mélange avec les $\frac{4}{10}$ de son poids de gravelle desséchée ou de tartre, ce qui est bien préférable. On fait chauffer des creusets de terre dans un fourneau carré ou carré long, qui peut en contenir 4, 6 ou un plus grand nombre; et quand ils sont rouges, on y introduit 10 liv. de mélange, puis on remplit tout le fourneau de charbon, on le bouche négligemment avec un morceau de tôle, et on le maintient dans cet état pendant environ deux heures. Le mélange bout et finit par entrer en pleine fusion. On reconnaît que la fusion est parfaite lorsque, en trempant une verge de fer dans un creuset, elle n'éprouve aucune résistance et qu'elle en sort chargée d'une scorie liquide qui file et se solidifie en peu de temps : alors on sort successivement les creusets et on

les vide dans des lingotières en fonte, chaudes et légèrement enduites de graisse.

Le régule qui provient d'une première fusion est presque toujours terne et impur. On le purifie en le refondant une ou deux fois avec une petite quantité de minerai grillé, de tartre et des scories qui ont été bien fluides, et qui ont ordinairement la couleur du verre à bouteilles. Lorsque l'antimoine est bien pur, il cristallise à grandes lames et il est très-brillant.

Les scories ne sont pas perdues : on en sépare les grenailles de régule qu'elles contiennent, et on s'en sert ensuite pour préparer du crocus. Les fabricans d'antimoine font entrer dans ce qu'ils appellent *le crocus*, non-seulement les scories, mais encore les débris de creusets et de fourneaux, et jusqu'aux balayures de leurs *ateliers*. Cet abus mérite d'attirer l'attention de l'autorité; le crocus étant uniquement employé comme médicament, il serait à desirer que sa préparation fût assujettie à des règles fixes. La facilité avec laquelle les fabricans trouvent à vendre les crocus les plus impurs, et dans lesquels il n'y a quelquefois pas de trace d'antimoine, fait d'ailleurs qu'ils n'ont presque pas d'intérêt à perfectionner la fabrication.

Il paraît que le grillage du sulfure d'antimoine se fait maintenant avec plus de soin que du temps de Fournier; car on dit que l'on obtient ordinairement 73 de matière grillée pour 100 de sulfure. On fond la matière grillée avec de la poussière de charbon imbibée d'une forte dissolution de carbonate de soude, et on en retire environ 60 de régule; d'où il suit que le sulfure, qui contient 0,73 d'antimoine, n'en donne en grand que

0,44 à 0,45. Le reste passe en partie dans les scories et est en partie volatilisé.

Il est très-facile de griller le sulfure d'antimoine en petit. L'opération s'effectue à une température très-basse et bien inférieure à la chaleur rouge. On réduit le sulfure en poudre très-fine et on l'agite continuellement au contact de l'air jusqu'à ce qu'il ne produise plus aucune vapeur ; tout le soufre s'en dégage à l'état d'acide sulfureux ; le résidu est d'un gris jaunâtre : il ne contient pas la plus petite trace d'acide sulfurique. C'est du protoxide d'antimoine à-peu-près pur, et l'on voit, par son poids, qu'il ne se perd pas une quantité notable de métal. Il suit de là que le déficit considérable que l'on éprouve dans le grillage en grand n'est pas dû à la volatilisation du sulfure : il provient sans aucun doute de ce que la substance pulvérisée, étant sans cesse agitée au milieu d'un courant d'air, est en partie entraînée mécaniquement par ce courant. On pourrait aisément recueillir la partie ainsi entraînée, et qui, dans l'état des choses, est perdue, en adaptant aux fourneaux une suite de chambres ou voûtes surbaissées, comme on le fait dans les usines où l'on grille des minerais argentifères, etc. Ce perfectionnement fort simple est un des plus importans que l'on puisse introduire dans nos fabriques.

Le sulfure d'antimoine grillé se réduit promptement au creuset brasqué sans addition ; il produit 0,77 de régule ; mais ce régule est en grenailles juxta-posées, souvent mélangé de charbon, et ne forme pas de culot.

Fondu avec trois à quatre parties de flux noir, le sulfure grillé donne 0,77 de métal ; avec 1 partie de tartre

rouge, il en donne 0,72; avec 0,25 à 0,30 de carbonate de potasse ou de soude calciné et 0,15 de poussière de charbon, il en donne 0,76. Dans tous les cas, les scories, très-fluides, sont compactes et d'un gris jaunâtre d'autant plus foncé que l'on a obtenu moins de métal. L'antimoine est lamelleux, mais un peu bleuâtre, et il décompose sensiblement l'eau, ce qui tient à ce qu'il renferme une petite quantité de potassium, ainsi que M. Vauquelin l'a remarqué depuis long-temps. On le purifie aisément en le tenant fondu pendant quelques instans avec le contact de l'air : il devient alors beaucoup plus blanc et très-éclatant, et il cristallise en grandes lames.

Le verre d'antimoine, qui est, comme on sait, une combinaison d'oxide et de sulfure d'antimoine, produit 0,70 d'antimoine décomposant l'eau, lorsqu'on le fond avec deux à trois parties de flux noir. Cela prouve que lors même que le sulfure ne serait qu'imparfaitement grillé, on en retirerait une grande proportion d'antimoine par le moyen des flux réductifs : nous verrons bientôt à quoi cela tient.

Il n'est pas indispensable de griller le sulfure d'antimoine pour en séparer le soufre; on peut opérer cette séparation en partie par les carbonates alcalins, et en totalité par le fer métallique, et même par diverses matières ferrugineuses.

Lorsque l'on chauffe au rouge un mélange de sulfure d'antimoine et de carbonate de potasse ou de soude, il se forme une matière homogène très-fluide, compacte et d'un brun foncé, dont M. Berzelius a fait connaître la nature : elle contient du sulfure de potassium ou de

sodium, du sulfure d'antimoine et un composé d'oxide d'antimoine et d'alcali. Quand on ajoute de la poussière de charbon au mélange, tout l'oxide d'antimoine est réduit, et la matière fondue ne renferme que du sulfure de potassium ou de sodium, du sulfure d'antimoine et du carbonate alcalin. J'ai trouvé qu'en fondant le sulfure d'antimoine avec 0,50 à 1,00 de carbonate de soude anhydre et 0,08 à 0,10 de poussière de charbon, on obtient 0,33 à 0,36 d'antimoine métallique et une scorie très-fluide, compacte et d'un brun noir, avec éclat demi-métallique. L'antimoine ne retient pas la plus petite trace de soufre, mais il renferme une quantité notable de potassium, et il fait, à cause de cela, une effervescence plus ou moins vive avec l'eau. La scorie est soluble dans l'eau en totalité ou avec dépôt de kermès, selon la proportion d'alcali que l'on a employée : la liqueur est fortement alcaline. Lorsqu'on la sature avec un acide, elle fournit un dépôt abondant de kermès très-beau et très-pur. Dans un établissement où l'on voudrait préparer du régule et du kermès, je crois qu'on ne pourrait pas traiter le sulfure d'antimoine par un procédé plus avantageux que celui que je viens d'indiquer; il produirait au moins 30 de métal pur pour 100 de sulfure, c'est-à-dire, les $\frac{4}{5}$ environ de ce qu'en contient ce minéral. On dissoudrait les scories dans l'eau; le résidu serait du kermès qui pourrait être mêlé d'une petite quantité de charbon; en saturant la dissolution avec de l'acide sulfurique, il s'y formerait un précipité de kermès de première qualité, et l'eau-mère, évaporée à siccité, donnerait du sulfate de soude, dont on trouverait l'emploi dans la fabrique, ainsi qu'on le verra bientôt.

Les expériences précédentes paraissent prouver que le kermès ne peut pas être un sous-hydrosulfate d'oxide, comme on le croyait autrefois : elles militent en faveur de l'opinion de M. Berzelius, qui pense que c'est un sulfure métallique, qui ne diffère du sulfure d'antimoine ordinaire que par l'état de division extrême dans lequel il se trouve.

Le fer métallique enlève très-facilement le soufre à l'antimoine, même à une température peu élevée; mais comme le sulfure de fer a une pesanteur spécifique peu différente de celle de l'antimoine, il est difficile d'opérer la séparation de ces deux substances: pour y parvenir, il faut donner un bon coup de feu lorsque la désulfuration est opérée, et tenir la matière en pleine fusion pendant un certain temps. Avec cette précaution, on obtient deux culots qui se séparent assez nettement: l'un blanc et à grandes lames, qui est le régule, auquel adhère presque toujours une petite quantité de matte; l'autre, d'un jaune de bronze un peu plus clair que le sous-sulfure de fer ordinaire, parce qu'il est mélangé d'une petite quantité d'antimoine métallique. Pendant l'opération il se volatilise toujours une assez forte proportion d'antimoine; mais c'est un inconvénient qu'il paraît impossible d'éviter. Les anciens docimastistes connaissaient ce procédé. C'est à tort qu'on l'a donné comme nouveau il y a quelques années. On le pratique maintenant en grand dans quelques fabriques, entre autres en Angleterre; mais on n'en obtient pas en général un très-bon résultat. Je crois cependant qu'en prenant les précautions convenables on pourrait l'employer avec profit. La première, qui est indispensable, consiste à ne mêler au sulfure que la proportion de fer strictement

nécessaire pour le décomposer : cette proportion doit être de 1½ atome pour 1 atome de sulfure d'antimoine, puisque celui-ci renferme 3 atomes de soufre, et le sous-sulfure de fer seulement 2 : cela revient à 42 de fer pour 100 de sulfure. Si l'on en mettait davantage, l'antimoine, qui a grande tendance à jouer le rôle d'élément électro-négatif, se combinerait avec le surplus, et il en résulterait de l'antimoniure de fer qui se mêlerait partie avec le régule et partie avec la matte. De plus, il convient que le fer ne soit pas rouillé, et on doit l'employer dans le plus grand état de division possible; s'il était en trop gros morceaux, il arriverait qu'une partie du sulfure d'antimoine se volatiliserait avant que ces morceaux pussent être attaqués jusqu'au centre.

En petit, on retire aisément par le moyen du fer jusqu'à 0,635 de régule pur du sulfure d'antimoine; en grand, il paraît que c'est tout au plus si l'on obtient 0,55.

On ne peut malheureusement pas substituer la fonte de fer granulée au fer forgé; on sait que le soufre a fort peu d'action sur la fonte : la désulfuration est imparfaite et la matte ne peut se séparer du régule.

Un des plus grands inconvéniens de la méthode de désulfuration de l'antimoine par le fer, c'est d'obliger à chauffer très-fortement pour séparer la matte du régule : on conçoit que cette séparation serait plus facile et exigerait une température moins élevée si la matte avait moins de densité que le sous-sulfure de fer, et si elle était en même temps plus fusible. Or, on peut remplir ces deux conditions en ajoutant au mélange un carbonate ou un sulfate alcalin.

Nous avons vu qu'en fondant du sulfure d'antimoine avec un carbonate alcalin et du charbon, on obtient du régule, et une scorie qui est essentiellement formée d'un composé de sulfure d'antimoine et de sulfure alcalin. Si l'on projette du fer métallique dans cette scorie encore en fusion, l'antimoine s'en sépare en totalité et presqu'aussitôt, et la nouvelle scorie, aussi fluide que la première, contient une combinaison de sulfure alcalin et de sulfure de fer. Si l'on mélange immédiatement le fer avec le sulfure d'antimoine et le carbonate alcalin, on arrive au même résultat. J'ai trouvé qu'avec 100 de sulfure d'antimoine, 42 de fer et 50 de carbonate de soude anhydre, mêlé de $\frac{1}{10}$ de son poids de charbon, on obtient 65 à 66 d'antimoine : avec la même proportion de fer et 10 de carbonate de soude seulement, on en obtient 62. Dans les deux cas, la fusion se fait très-rapidement, sans boursoufflement, et la matte, très-liquide, se sépare avec la plus grande facilité du régule. En employant une partie de carbonate de soude, toujours mêlé de charbon, on peut diminuer la proportion du fer et la réduire à 0,25 ou 0,30; le produit est toujours de 0,65 à 0,66; mais si l'on réduisait en même temps la proportion du carbonate alcalin à 0,50, on n'aurait plus que 0,56 d'antimoine. Le carbonate de potasse donne, à poids égaux, les mêmes résultats que le carbonate de soude; mais les scories sont encore plus fluides.

Les sulfates alcalins sont changés en sulfures métalliques par le charbon à une température peu élevée. Les sulfures des métaux alcalins, en se combinant avec les autres sulfures métalliques, en augmentent considérablement la fusibilité : aussi, lorsqu'on ajoute

du sulfate de soude anhydre broyé avec le cinquième de son poids de charbon environ, au mélange de sulfure d'antimoine et de fer métallique, le régule se sépare-t-il très-promptement, et les scories prennent-elles, en quelques instans, une très-grande liquidité; mais il faut observer que la présence du sulfate de soude diminue le produit du régule, à moins qu'on n'augmente en même temps la proportion du fer. Il paraît que le fer décompose le sulfate de soude concurremment avec le charbon, et qu'il n'en reste plus assez pour enlever tout le soufre au sulfure d'antimoine. Par exemple, avec

100 de sulfure d'antimoine,
42 de fer métallique,
100 de sulfate de soude,
20 de charbon,

on n'a que 22 de régule, et la scorie est métalloïde, très-brillante et cristallisée en aiguilles; mais avec

100 de sulfure,
42 de fer,
10 de sulfate de soude,
2 de charbon,

on obtient 60 à 61 d'antimoine, et l'opération se fait avec une très-grande facilité et sans boursoufflement.

Au lieu de fer métallique, on peut se servir d'oxide de fer pur, et même d'une matière ferrugineuse quelconque, pourvu qu'elle soit riche. J'ai employé avec succès les battitures et les scories de forges; mais j'ai reconnu qu'il est indispensable d'ajouter un fondant à ces substances : ce fondant peut être un carbonate ou un sulfate alcalin.

Les battitures sont les écailles cristallines, noires, métalloïdes qui se détachent du fer chauffé au rouge lorsqu'on le martelle ou lorsqu'on le passe au laminoir; elles contiennent à-peu-près 0,75 de fer : 0,10 de charbon suffiraient par conséquent pour les réduire; mais on est toujours obligé d'en employer davantage quand on ajoute au mélange un carbonate ou un sulfate alcalin, afin qu'il y en ait assez pour décomposer l'acide carbonique et l'acide sulfurique, qui sans cela oxideraient le fer à mesure qu'il se produirait. On ne peut pas employer moins de 40 de battitures pour 100 de sulfure d'antimoine, et alors en y ajoutant de 50 à 100 de carbonate de soude et de 8 à 10 de charbon, on a 56 de régule; mais si, avec 100 de carbonate, on emploie 13 à 14 de charbon, on a 65 de régule. La fusion a toujours lieu très-tranquillement; les scories sont très-liquides et d'un noir brun, un peu métalloïde. En augmentant la proportion des battitures, on peut diminuer en même temps celle du carbonate de soude, et obtenir encore des résultats très-avantageux. Ainsi, avec 55 à 60 de battitures, 10 de carbonate de soude et 10 de charbon, on a 58 de régule; et si l'on porte la proportion du carbonate de soude jusqu'à 45 ou 50, celle du charbon restant toujours de 10, on a 65 à 66 et jusqu'à 67 de régule. Les scories sont très-fluides, cristallines, d'un noir métalloïde et magnétiques. Ce procédé, répété un grand nombre de fois, a toujours également bien réussi. En remplaçant les 50 parties de carbonate de soude par 45 parties de carbonate de potasse, on obtient 69 d'antimoine; il n'y a pas de méthode qui en donne une aussi forte proportion : les scories qui recouvrent le métal sont très-fluides;

la fusion se fait très-facilement, mais elle est accompagnée d'un boursoufflement considérable, ce qui oblige de se servir de creusets très-grands.

Si l'on voulait faire usage du sulfate de soude, il faudrait employer 80 de battitures, 50 de sulfate et 17 de charbon pour 100 de sulfure : le produit en régule serait de 57; la fusion est facile.

On sait que les scories de forge sont essentiellement composées de silice et de protoxide de fer; il y en a de fort riches. Lorsqu'on les fond avec du sulfure d'antimoine, du carbonate de soude et du charbon, on obtient un régule cristallisé à grandes lames et très-blanc, qui ne paraît pas contenir de sodium, une matte d'un jaune de bronze semblable à de la pyrite, et une scorie compacte, vitreuse, noire, opaque, éclatante comme le jayet, dans laquelle la plus grande partie de l'alcali paraît être concentrée. Ces trois substances se séparent très-facilement les unes des autres. J'ai eu 60 de régule avec 80 de scories de forge ordinaires, 50 de carbonate de soude et 10 de charbon, pour 100 de sulfure d'antimoine.

En rappelant ceux des procédés précédens qui paraissent susceptibles d'être appliqués en grand, on voit que l'on obtiendrait, pour 100 de sulfure :

1°. 65 de régule par le moyen du grillage et de la fusion subséquente avec 25 à 30 de carbonate de soude, et 15 de charbon, si l'on parvenait à recueillir le minerai pulvérulent que le vent enlève dans les fourneaux de grillage : les scories pourraient servir plusieurs fois, et jusqu'à ce qu'elles se soient saturées de sulfure d'antimoine.

2°. 33 de régule, en fondant immédiatement le sul-

fure avec 50 de carbonate de soude et 8 à 10 de charbon : la scorie, traitée par l'acide sulfurique, donnerait du kermès et du sulfate de soude.

3°. 60 à 61 de régule avec 42 de fer métallique, 10 de sulfate de soude et 2 de charbon. Ce moyen sera probablement très-avantageux ; car l'emploi du sulfate de soude augmentera peu la dépense, puisque ce sel calciné ne coûte que 30 fr. les 100 kilogr.

4°. 57 de régule avec 60 de battitures, 50 de sulfate de soude et 17 de charbon.

5°. Enfin, 65 à 67 de régule avec 60 de battitures, 45 à 50 de carbonate de soude et 10 de charbon. Ce dernier procédé pourrait être très-bon si l'on trouvait moyen de retirer l'alcali qui se trouve contenu dans les scories. Il y aura, à cet égard, des essais à faire en grand. J'ai observé que toutes les fois que l'on emploie un carbonate ou un sulfate alcalin, les scories que l'on obtient se désagrègent très-promptement à l'air en attirant l'humidité, et que, lorsqu'on les délaie dans l'eau, elles forment une boue noire comme de l'encre : cette boue est en très-grande partie soluble dans l'eau, et passe à travers les filtres ; les liqueurs étendues sont vertes ; elles se composent essentiellement d'une combinaison de sulfure alcalin et de sulfure de fer ; mais quand on laisse les scories exposées à l'air après les avoir bien humectées d'eau, il arrive un moment où l'on peut les laver avec autant d'eau que l'on veut sans qu'il en résulte de liqueurs colorées : alors celles-ci ne contiennent plus de sulfures alcalins, mais des hypo-sulfites, etc. : reste à savoir si le résidu de sulfure de fer ne retient pas une certaine quantité de sulfure alcalin [illegible] m-

binaison tel que celui-ci ne puisse pas être enlevé par l'eau. Quoi qu'il en soit, il est évident qu'après une exposition à l'air suffisamment prolongée, tous les sulfures se transformeraient en sulfates, et qu'il serait possible de séparer ces derniers les uns des autres par la voie de la cristallisation. Quand la sulfatisation serait complète, on trouverait un résidu antimonial qui devrait être compté pour quelque chose dans les produits.

J'ai montré dans d'autres Mémoires que le charbon désulfure le sulfure d'antimoine avec formation de sulfure de carbone. Le gaz hydrogène réduit aussi ce sulfure à la chaleur rouge en s'emparant de tout son soufre; l'action est même très-rapide. D'après cela, il est probable que les deux gaz hydrogènes carbonés, et par conséquent les gaz qui proviennent de la distillation de la houille, produiraient le même effet. Ce moyen présenterait sans doute de grandes difficultés d'exécution en grand, néanmoins il serait à désirer que quelqu'un en fît l'essai; car s'il réussissait, il donnerait des résultats très-avantageux. En effet, supposons que le gaz provenant de la distillation de la houille ait une densité de 0,60, un mètre cube pésera 770 gr.; admettons que sa composition soit telle qu'il contienne les $\frac{3}{4}$ de son poids de différens gaz hydrogénés équivalens dans leur ensemble à du gaz proto-carboné : alors 1 mètre cube renfermera 580^g de gaz hydrogène proto-carboné, ou 144^g d'hydrogène et 432^g de carbone : or, 144^g d'hydrogène et 432^g de carbone peuvent chacun se combiner avec 2250^g de soufre; ils en prendraient donc ensemble 4,500^g, qui équivalent à 16,660^g de sulfure d'antimoine: il suit que, pour réduire 100 kilog. de sulfure d'an-

timoine, il ne faudrait pas plus de 6 met. c. de gaz, dont la valeur n'est que de 4 à 5 fr. Ne pourrait-on pas tenter de faire l'opération dans des tuyaux de terre verticaux, qui seraient remplis de charbons entre-croisés et à travers lesquels le sulfure d'antimoine fondu passerait en descendant de la partie supérieure, tandis que le gaz s'élèverait, au contraire, de la partie inférieure, et sortirait par le haut, d'où on le conduirait dans une cuve pleine d'eau, pour qu'il y déposât les vapeurs antimoniales dont il se chargerait probablement? Le charbon contenu dans les tuyaux concourrait avec le gaz à opérer la désulfuration.

Il me reste à dire quelque chose sur les essais en petit du sulfure d'antimoine par la voie sèche. Je ferai d'abord observer qu'il n'existe aucun moyen de faire ces essais d'une manière rigoureuse, parce que la volatilité du sulfure d'antimoine et de l'antimoine lui-même s'y oppose invinciblement. En second lieu, il est tout à-fait superflu de rechercher la proportion d'antimoine dans le sulfure lorsque celui-ci est pur, puisque cette proportion ne varie pas. Enfin, quand le sulfure d'antimoine est mélangé, comme presque toujours, c'est avec des substances pierreuses ou des pyrites qui sont inattaquables par l'acide muriatique : on peut en avoir très-exactement et très-facilement la proportion en traitant le minerai par ce réactif. Quoi qu'il en soit, lorsqu'on voudra faire l'essai du sulfure d'antimoine, on pourra employer l'un des moyens suivans :

1°. Griller jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs sulfureuses, et fondre la matière grillée soit avec 3 parties de flux noir, soit avec 1 partie de tartre rouge, ou soit avec 1 partie de carbonate de soude et 0,15 de charbon.

2°. Fondre avec 0,42 de fer métallique (clous d'épin-

gles, fil de fer découpé en petits morceaux), 1,00 de carbonate de soude et 0,10 de charbon.

3°. Enfin, fondre avec 0,60 de battitures de fer pulvérisées, 1,00 de carbonate de soude et 0,10 de charbon.

Quelques sulfures sont attaqués par le nitre de telle manière que le métal ne commence à s'oxider que lorsque tout le soufre est brûlé. Le sulfure d'antimoine n'est pas dans ce cas : le soufre et l'antimoine agissent simultanément sur le nitre. Lorsqu'on emploie moins de $1^{at.} \frac{1}{5}$ de nitre pour $1^{at.}$ de sulfure (14 pour 10), il reste dans la matière fondue du sulfure double de potassium et d'antimoine, mais il ne se sépare jamais la plus petite trace de métal.

ANALYSE *du métal de la statue trouvée à Lillebonne, près Caudebec, département de la Seine-Inférieure, dans un terrain appartenant à M.* Holley.

PAR M. VAUQUELIN.

M. REVERS, en m'envoyant un exemplaire de sa Description de la statue dont il s'agit, m'a fait remettre un fragment du métal dont elle est formée : il était d'une très-petite dimension et ne pesait que 7 grammes.

On remarquait, à sa surface concave, une légère couche verte de carbonate de cuivre, et, à sa surface convexe, des vestiges de dorure. Dans l'intérieur, il y avait plusieurs soufflures tapissées d'une matière verte, semblable à celle qui était à la surface intérieure.

Ce fragment contenait plusieurs grains de cuivre métallique, dont un assez gros, qui m'empêchèrent de le réduire en poudre fine.

Je mis les 7 grammes de cette matière dans de l'acide sulfurique étendu de 10 parties d'eau, et je remarquai que la couleur, qui était rouge brune, prit tout-à-coup une couleur pourpre, et que, à mesure que la liqueur s'éclaircissait, elle était d'un beau bleu. Cela me fit soupçonner que le métal n'était pas uniquement formé de protoxide de cuivre; car, s'il en avait été ainsi, l'acide ne se serait pas coloré.

Lorsque de nouvelles quantités d'acide cessèrent de se colorer, je lavai le résidu et le pesai après l'avoir fait sécher; je trouvai que son poids était diminué de 23 centièmes.

Je traitai le reste par l'acide hydrochlorique à l'aide de la chaleur; celui-ci se colora à peine en vert, et lorsqu'il fut décanté de dessus le cuivre métallique, on en mit une nouvelle quantité qui ne dissolvit presque rien: seulement il fournit par le refroidissement quelques cristaux de muriate de plomb.

La première dissolution déposa aussi des cristaux du même sel et beaucoup de proto-muriate de cuivre blanc.

Le résidu, qui était alors entièrement métallique, fut dissous dans l'acide nitrique; il resta une poudre blanche qui, lavée et séchée, pesait 37 centièmes de gramme, et qu'on reconnut pour être de l'oxide d'étain; quantité qui donne environ 4 pour cent; mais il y avait eu de l'étain dissous par l'acide muriatique.

Le plomb extrait de ces dissolutions, au moyen du

sulfate de soude, s'est élevé à la quantité de 23 millièmes.

Ainsi, ce morceau se composait, 1° de peroxide de cuivre; 2° de protoxide du même métal; 3° de cuivre non oxidé; 4° de plomb; 5° d'étain oxidé.

Les expériences ci-dessus n'ayant pas été dirigées de manière à conduire à la détermination exacte des quantités des différens métaux qui composent la matière de la statue, ni du mode d'altération qu'ils avaient pu subir dans le sein de la terre, nous les avons recommencées avec plus de soin sur un morceau du même métal que nous a remis M. Holley, propriétaire de la statue. Ce morceau, qui avait environ 288 lignes carrées et pesait 15 grammes, fut divisé en six parties inégales, qui furent analysées séparément.

Le premier fragment que j'analysai pesait 3 grammes. Traité par l'acide nitrique bouillant, il laissa une poudre blanche qui, lavée à l'eau bouillante et séchée à l'étuve chaude à 100°, pesait 32 centigrammes.

Le deuxième morceau, pesant 2 grammes, traité de la même manière que le premier, donna un résidu du poids de 19 centigrammes.

Le troisième, du poids de 2 grammes, fut d'abord soumis à l'action de 4 grammes d'acide nitrique étendu de 6 parties d'eau et à froid. Au bout de vingt-quatre heures et après avoir agité plusieurs fois le mélange, on filtra la liqueur, qui avait une couleur bleue assez intense, et on lava le résidu avec de l'eau bouillante. Ce résidu pesait 1 gramme 3 centièmes, et avait une couleur moins brune; il était alors rouge-jaunâtre.

Je dois faire observer qu'il ne s'est pas dégagé un atome

touchent immédiatement. Il est vrai qu'à la longue il peut se faire des solutions de continuité (1).

Un commencement d'oxidation à la surface a suffi même seul pour opérer l'oxidation dans toutes les parties de la statue, pourvu qu'elle se soit trouvée dans un terrain humide et aéré.

L'on rencontre souvent dans le sein de la terre du cuivre oxidé au *maximum* à l'extérieur, au *minimum* à l'intérieur, et encore métallique au centre. L'on voit souvent aussi le fer présenter à sa surface du peroxide, et du protoxide à l'intérieur. Dès que l'oxigène s'est fixé sur un métal placé dans un lieu humide, il se propage successivement à l'intérieur comme, pour ainsi dire, un point de gangrène, et est remplacé par celui de l'extérieur : c'est ce qu'on observe pour le fer surtout : sitôt qu'il s'y fait une tache de rouille, elle s'étend dans tous les sens.

NOTE *sur une Contradiction qui se trouve dans le* Système de Chimie *du D^r* Thompson, *relative au gaz hydrogène phosphoré.*

PAR M. VAUQUELIN.

DANS le *Système de Chimie* de Thompson, page 311, article *Hydrogène phosphoré*, on lit ce qui suit : « Lorsqu'on fait passer pendant quelque temps des étincelles

(1) M. de Labillardière pense que la dorure, en mettant la statue dans un état de tension électrique, a été la cause de son oxidation.

car, quelque temps après, ayant levé subitement la cloche qui le renfermait, il s'enflamma et déposa beaucoup de phosphore. J'ai remarqué que ce n'était jamais pendant que le gaz était exposé aux rayons du soleil que le phosphore s'en déposait, mais, au contraire, en refroidissant pendant la nuit.

Expérience 2. 100 mesures de gaz hydrogène perphosphoré ont été chauffées avec du soufre; leur volume a augmenté d'environ $\frac{1}{10}$, et était converti en gaz acide hydrosulfurique.

Expérience 3. 100 mesures de gaz hydrogène protophosphoré, ayant été chauffées avec du soufre, ont été décomposées et changées en gaz hydrogène sulfuré; mais elles n'ont pas sensiblement changé de volume, de $4\frac{1}{2}$ seulement.

Expérience 4. 125 mesures de gaz hydrogène perphosphoré, mises avec de l'eau distillée et placées dans un endroit obscur, se sont promptement décomposées; du phosphore s'est déposé et le gaz ne s'enflammait plus à l'air; il avait diminué d'un 25e.

Expérience 5. Du gaz hydrogène perphosphoré, mis en contact avec de l'eau distillée et soumis à un froid produit par un mélange de glace et de sel, a été promptement décomposé, quoiqu'à l'obscurité.

L'eau et le froid déterminent donc d'une manière plus active la décomposition du gaz hydrogène perphosphoré que le soleil : cette décomposition ne peut pas être attribuée à la présence de l'air dans l'eau; car son volume ne diminue pas sensiblement : d'ailleurs ce gaz est un peu soluble dans l'eau.

Ces expériences prouvent que les gaz hydrogène per-

phosphoré et proto-phosphoré sont de simples dissolutions de phosphore dans le gaz hydrogène sans condensation de ce dernier ; car la petite augmentation de volume que nous avons observée en faisant fondre du soufre dans le gaz hydrogène proto-phosphoré est insignifiante : d'ailleurs cette augmentation a eu lieu pour tous les deux. Ainsi ces deux gaz contiennent des volumes égaux au leur de gaz hydrogène, et ne diffèrent que par la proportion de phosphore.

Des *Actions électro-motrices produites par le contact des métaux et des liquides, et d'un Procédé pour reconnaître, à l'aide des effets électro-magnétiques, les changemens qu'éprouvent certaines dissolutions au contact de l'air.*

Par M. Becquerel,

Ancien Chef de Bataillon du Génie.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 12 avril 1824.)

Dans plusieurs Mémoires que nous avons eu l'honneur de présenter à l'Académie sur les effets électriques observés dans les actions chimiques à l'aide du galvanomètre de M. Schweigger, nous avons attribué ces effets au seul jeu des affinités, parce que nous supposions alors qu'il n'y avait aucune autre cause qui intervînt dans ces phénomènes ; mais un examen attentif nous a prouvé qu'il n'en était pas ainsi. Par exemple, quand

nous avons examiné ce qui se passait pendant l'action d'un acide sur un alcali, nous avons placé l'acide dans une cuiller de platine communiquant à l'un des bouts du galvanomètre, et l'alcali (enveloppé d'une petite bande de papier) entre les branches d'une pince de platine fixée à l'autre bout du fil; ensuite nous avons plongé l'alcali dans l'acide, et aussitôt on a eu un courant électrique qui allait du dernier au premier; nous en avons conclu que pendant l'action chimique l'acide prenait l'électricité positive, et l'alcali l'électricité négative; mais, dans cette expérience, nous n'avons pas tenu compte des effets électriques résultant du contact de l'acide avec le platine et de l'alcali sur le même métal, par l'intermédiaire de la bande de papier. Nous avons suivi en cela l'exemple de Volta, qui a toujours négligé, dans la pile, les actions électro-motrices des liquides sur les métaux, parce qu'elles étaient insensibles à tous les électroscopes condensateurs dont cet illustre physicien faisait usage. Cependant, comme nous allons le voir, il est impossible de négliger cette *action*, surtout dans les phénomènes électro-chimiques qui nous occupent. Nous avons donc considéré comme simples des effets qui ne l'étaient pas : néanmoins nous indiquerons, dans un autre Mémoire, les précautions à prendre pour écarter toutes les causes perturbatrices connues, afin de n'avoir plus que les effets électriques dus à l'action chimique; mais pour l'instant nous ne nous occuperons que des actions électro-motrices des liquides sur les solides.

L'appareil dont nous avons fait usage pour recueillir l'électricité qui se développe pendant le contact d'un

liquide sur un solide est un électroscope condensateur d'une sensibilité extrême, dont l'invention est due à M. Bohnenberger, professeur de physique et d'astronomie à Tubingue. Ce savant en publia la description dans la *Bibliothèque universelle*, novembre 1820, et un extrait de son Mémoire fut inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique*, année 1821, tome XVI. Cet appareil, tel que l'a décrit M. Bohnenberger, consiste en deux petites piles sèches placées dans une position verticale, les deux poles contraires en regard; les deux poles supérieurs communiquent ensemble par une lame de métal percée, dans son milieu, d'une ouverture dans laquelle passe un tube de verre fixé sur ses parois : ensuite une feuille d'or communiquant au plateau inférieur d'un condensateur traverse le tube et vient se placer entre les deux poles inférieurs. Le tout est recouvert de la cloche de verre qui porte le condensateur. Aussitôt que la feuille d'or a reçu une très-faible quantité d'électricité, elle est attirée par le pole de la pile sèche, qui possède l'électricité contraire, et repoussée par l'autre.

Au lieu de deux piles, nous n'avons fait usage que d'une seule, que nous avons placée dans une direction horizontale, en la fixant sur un support en bois : à chacun de ses poles, nous avons aussi fixé, dans une direction verticale, une lame de métal de 7 à 8 centimètres de longueur, et la feuille d'or s'est trouvée alors suspendue entre ces deux lames; il en résultait que celle-ci leur présentait tous ses points : par conséquent l'action qu'elle en recevait était plus considérable que lorsqu'elle était soumise à l'action des deux extrémités de chaque petite pile; enfin, nous avons fait usage de

plateaux condensateurs de 9 pouces de diamètre. La sensibilité de cet appareil, disposé comme nous venons de l'indiquer, est telle qu'un tube de verre frotté sur du drap agit dessus, dans un temps sec, à une distance de 8 ou 10 pieds, tandis que l'électroscope de M. Bohnenberger ne reçoit une action du même tube qu'à une distance de 3 pieds. L'état électrique de la main ou des cheveux exerce une influence à plusieurs pieds de distance : il est donc indispensable de se garantir de ces effets quand on se livre à des recherches délicates.

Muni de cet instrument, nous avons fait les expériences suivantes :

Une capsule en laiton a été posée sur le plateau supérieur du condensateur; on l'a remplie d'une dissolution alcaline ou d'ammoniaque que l'on a fait communiquer avec le réservoir commun en plongeant dedans le doigt ou en la touchant avec une bande humide de baudruche; le plateau inférieur était aussi en communication avec la terre; peu d'instans après, on a enlevé le plateau supérieur : la feuille d'or s'est portée vers le pole positif : ainsi la dissolution alcaline ou l'ammoniaque, dans son contact avec le cuivre, a pris l'électricité positive, et le métal l'électricité négative.

La dissolution alcaline a été remplacée par de l'acide sulfurique; il en est résulté des effets électriques opposés : l'acide a pris l'électricité négative, et le métal l'électricité positive.

On a cherché aussi à rendre sensibles les actions électro-motrices des métaux dans leur contact avec les dissolutions acides et alcalines, par exemple, avec le

platine : on a placé sur le plateau supérieur du condensateur une capsule de platine remplie d'une dissolution alcaline ; ensuite on a touché, d'une part, le plateau inférieur avec une lame de platine, et, de l'autre, le liquide avec le doigt : de cette manière, les actions électromotrices du platine sur le cuivre ont été détruites, puisqu'elles étaient les mêmes de part et d'autre ; il n'est donc plus resté sur le plateau supérieur que l'électricité acquise par le platine dans son contact avec la dissolution. Il est quelquefois nécessaire de mettre entre le cuivre et le platine une bande de papier ; car l'appareil est assez sensible pour qu'une très-petite différence dans l'état des surfaces des métaux modifie l'action électro-motrice. En opérant ainsi, l'on a trouvé le même résultat que ci-dessus, c'est-à-dire, qu'avec une dissolution alcaline le platine a pris l'électricité négative, et avec l'acide sulfurique concentré l'électricité positive. Une capsule de zinc remplie d'une dissolution de soude a pris l'électricité négative, et avec l'acide sulfurique concentré l'électricité positive : quand l'acide est étendu d'eau, l'électricité développée est alors nulle.

L'argent, dans son contact, soit avec une dissolution alcaline ou acide, n'a pris qu'une très-faible quantité d'électricité.

En général, dans le contact d'une dissolution acide avec un métal, le métal prend l'électricité positive, et l'acide l'électricité négative ; et dans le contact avec une dissolution alcaline on obtient les effets inverses. Nous disons en général, car il existe un grand nombre de cas, comme dans l'argent, par exemple, où les ac-

tions électro-motrices sont très faibles ; mais toutes les fois qu'elles peuvent être rendues sensibles, on trouve toujours les résultats que nous venons d'énoncer.

M. Davy avait déjà trouvé que les substances alcalines et acides, qui peuvent exister sous la forme sèche et solide, s'électrisent par leur contact avec les métaux ; ainsi les acides oxaliques, succiniques, parfaitement secs, soit en poudre, soit en masse, posés sur une lame de cuivre, prennent l'électricité négative et communiquent au métal l'électricité positive.

Le célèbre chimiste anglais trouva aussi que la potasse et la soude, à cause de la difficulté qu'il y avait à les priver d'eau, ne donnaient, en général, aucun effet électrique par leur contact ; mais qu'après les avoir soumises à une forte calcination, elles jouissaient momentanément de la faculté de devenir électriques par leur contact avec un métal. Il a essayé aussi de déterminer, par les moyens d'instrumens très-délicats, l'état électrique d'une solution acide ou d'une solution alcaline simple, isolée ; après leur contact avec les métaux, les résultats électriques ont été nuls.

Nous venons donc de prouver que les effets électriques observés par M. Davy dans le contact d'un acide solide sec, ou d'un alcali également sec avec un métal, là où il n'y a pas par conséquent action chimique, s'étendent au contact de tous les métaux avec une dissolution acide ou alcaline, bien qu'il y ait quelquefois commencement d'action chimique.

Dans les expériences précédentes, nous n'avons parlé que d'électricités qui avaient une tension suffisante pour permettre le jeu des forces électriques sur les deux pla-

teaux du condensateur ; mais, dans l'action chimique, cette tension est si faible, qu'il faut un autre instrument pour accuser la présence de ces électricités. Nous aurons occasion d'en parler de nouveau dans un prochain Mémoire. Il n'est donc question ici que d'électricités qui peuvent être recueillies à l'aide d'un condensateur.

Ayant déterminé l'état électrique d'une dissolution acide ou alcaline dans son contact avec un métal, il s'agit actuellement de voir ce qui arrive quand cette même dissolution se trouve placée entre deux métaux différens. La solution de cette question est indispensable si l'on veut bien se rendre compte de l'influence des liquides dans la pile voltaïque, et reconnaître s'ils agissent autrement que comme corps conducteurs qui transmettent les actions électro-motrices des métaux les uns sur les autres.

Servons-nous encore de la capsule de cuivre, que nous avons posée sur le plateau supérieur du condensateur ; remplissons-la d'une dissolution alcaline ou d'acide sulfurique étendu de beaucoup d'eau ; ensuite touchons cette dissolution avec une lame de zinc, en évitant le contact des deux métaux ; touchons aussi le plateau inférieur avec le doigt ; vingt secondes après, enlevons le plateau supérieur : la feuille d'or se portera vers le pole positif : donc la capsule de cuivre a pris l'électricité positive.

Faisons l'expérience d'une manière inverse, posons sur le plateau supérieur une capsule en zinc remplie d'une des deux dissolutions ; touchons le plateau inférieur avec une lame de zinc pour détruire les actions électro-motrices de ce métal sur le cuivre, et plongeons dans le liquide une lame de cuivre que nous tiendrons entre les doigts ; en enlevant ensuite le plateau supérieur, nous

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif: en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau: il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif : en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau: il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif: en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau: il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif : en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau : il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif : en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités ; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative ; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée ; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre ; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau : il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif : en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau : il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif : en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau: il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif : en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau: il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

verrons que la feuille d'or se portera vers le pole négatif, par conséquent la capsule de zinc a pris l'électricité négative. On voit par ces deux expériences que, lorsque le cuivre et le zinc sont séparés par une dissolution acide ou alcaline, le zinc prend l'électricité négative et le cuivre l'électricité positive : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu quand ces deux métaux sont en contact.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences sur les actions électro-motrices des liquides dans leur contact avec les métaux, ainsi que sur celles qui résultent de l'interposition d'un liquide quelconque entre deux métaux différens. Nous ne rapportons pas ici les résultats auxquels nous sommes parvenus, parce qu'ils feront partie d'un travail auquel nous nous livrons, sur le rôle que jouent les liquides dans la pile de Volta. En attendant, nous avons pris la liberté de communiquer à l'Académie quelques-unes des recherches qui pourront conduire à la solution d'une question importante dans la théorie de la pile.

Nous avons examiné aussi ce qui se passe dans le contact d'un métal avec une dissolution saline; nous avons pris le cuivre et une dissolution de sel marin : le cuivre s'empare de l'électricité négative et la dissolution de l'électricité positive. Ce résultat nous montre comment une lame de cuivre en contact avec du zinc ou de l'étain, comme vient de le trouver dernièrement M. Davy, éprouve moins d'altération de la part de l'eau de la mer, que lorsqu'elle est isolée de tout métal électro-positif : en effet, on ne peut disconvenir que deux substances, au moment de leur combinaison, ne se trouvent dans deux états électriques différens, et qu'il n'y ait un certain rap-

port entre ces états électriques et les affinités chimiques, quelles qu'elles soient. Or, si l'on parvient à modifier ces états électriques, il est presque certain que l'on apportera aussi des changemens dans le jeu des affinités; mais nous venons de trouver qu'une lame de cuivre, dans son contact avec une dissolution de sel marin, prenait l'électricité négative; il s'ensuit que lorsqu'on touchera cette même lame avec un métal électro-positif, le cuivre se trouvera placé entre deux corps qui lui donneront la même espèce d'électricité, condition qui, comme on sait, tendra à annuler l'action électro-motrice du cuivre sur la dissolution de sel marin. Ainsi, suivant la théorie électro-chimique, les choses sont disposées de manière à affaiblir l'action chimique de la dissolution de sel marin sur le cuivre.

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un procédé pour reconnaître, au moyen de l'électricité, les altérations que certaines dissolutions éprouvent au contact de l'air atmosphérique.

Supposons qu'on ait dissous du fer dans de l'acide nitrique, et que la liqueur ait été filtrée; plongeons ensuite dedans deux lames de platine, communiquant chacune avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre; laissons-en une dans la dissolution, retirons l'autre et replongeons-la de nouveau: il se produira alors un courant électrique qui ira de la lame plongée la dernière à l'autre, c'est-à-dire, que celle ci prendra l'électricité négative. Si l'on eût agi d'une manière inverse, le courant aurait suivi la direction contraire. En général, la lame retirée de la dissolution et replongée de nouveau, prend l'électricité positive.

sommes chargés de rendre compte a pour objet de faire connaître d'autres causes d'incertitude dans les méthodes analytiques, et de restreindre la généralité des lois relatives aux proportions des combinaisons salines.

C'est sur diverses espèces du genre phosphate que portent les observations de l'auteur; mais, pour ne rien laisser d'hypothétique dans le calcul de ses expériences, il a cru devoir faire une détermination nouvelle des proportions de l'acide phosphorique.

Il faut bien que l'analyse de cet acide présente de grandes difficultés, puisque des chimistes aussi habiles que MM. Berzelius et Davy ont obtenu, dans ces derniers temps, des résultats très-différens. On ne pouvait guère espérer de porter dans l'exécution des mêmes procédés des soins plus éclairés. Pour approcher davantage de la vérité, il fallait rechercher les causes d'erreur les plus probables, et imaginer d'autres moyens exempts des mêmes défauts.

Celui que l'auteur a choisi ne nous paraît pas mériter, par lui-même, plus de confiance que les autres; et, si l'adresse de l'expérimentateur ne pouvait, quelquefois, corriger les imperfections d'un procédé, nous ne regarderions pas celui que M. Longchamp a préféré comme offrant un garantie suffisante, surtout si l'on se bornait, ainsi que l'a fait l'auteur, à trois observations dont les résultats diffèrent très-sensiblement.

M. Longchamp acidifie le phosphore pur par l'acide nitrique. Le bec de la cornue est plongé dans l'eau pour éviter la perte de phosphore que les gaz pourraient entraîner. L'acide obtenu étant saturé par un excès de chaux caustique, l'augmentation de poids de cette substance,

après la calcination, donne la quantité d'acide phosphorique correspondante au phosphore employé.

L'auteur pense que la grande discordance des résultats fournis par cette méthode tient à la présence d'une masse variable de gaz que le phosphate de chaux aurait la propriété de condenser en vertu de la forme poreuse qu'il affecte. Il est à regretter que M. Longchamp n'ait fait aucune expérience pour vérifier sa conjecture, et surtout qu'il n'ait pas déterminé la nature du fluide élastique. Quoi qu'il en soit, cette méthode ayant présenté des inconvéniens imprévus, M. Longchamp a substitué l'oxide de cuivre à la chaux, et dès-lors les écarts sont devenus moins considérables. Cependant, pour prendre un parti définitif dans une question déjà tant débattue, sur laquelle des chimistes fort habiles sont encore partagés, il aurait peut-être été convenable de varier les méthodes analytiques et de multiplier les expériences.

La plus grande partie de ce Mémoire est consacrée à l'analyse des phosphates : voici la marche que l'auteur a suivie. Il commence par déterminer la proportion d'acide phosphorique dans le phosphate d'ammoniaque cristallisé, en le calcinant avec un excès de carbonate de chaux. Puis, partant de cette donnée, il calcule les proportions des sels qui se forment par la calcination du même phosphate avec différens sels à bases de baryte, de soude ou de chaux parfaitement desséchés, tels que le carbonate de soude, le sulfate de soude, le sel marin, le sulfate de chaux, le sulfate de baryte. Il obtient ainsi des combinaisons dont les proportions sont très-variables pour une même base, et qui ne s'accordent pas avec les lois sim-

ples précédemment vérifiées par plusieurs chimistes sur un grand nombre d'espèces appartenant à d'autres genres. M. Longchamp décompose ensuite des sels solubles de chaux, de baryte par le phosphate de soude cristallisé du commerce, et il calcule les proportions des sels qui se précipitent d'après la supposition d'une identité parfaite entre le phosphate de soude cristallisé et celui qui se forme par la décomposition du carbonate de soude et du phosphate d'ammoniaque dans l'expérience précitée. Ces nouvelles déterminations ne s'accordent pas non plus avec les lois relatives à la composition des sels.

Nous ferons remarquer, à ce sujet, que les circonstances qui limitent les proportions des composés obtenus par la calcination des sulfates, des muriates et des carbonates avec le phosphate d'ammoniaque, sont très-différentes de celles qui donnent aux corps cristallisés des proportions constantes. Dans les expériences de M. Longchamp, le mélange des sels se liquéfie par la chaleur: les proportions ne sont donc plus limitées par la forme cristalline. L'acide phosphorique prend de nouvelles portions de base jusqu'à ce que son énergie, qui va en s'affaiblissant à mesure qu'il approche de la saturation, ne puisse plus vaincre l'action réciproque des élémens du sel qui a été mêlé avec l'acide phosphorique. Le terme où s'arrête la décomposition varierait probablement avec la température. Ceci s'applique aux carbonates et aux sulfates; mais avec les muriates le résultat doit être bien plus variable encore : car ces sels, parfaitement desséchés, ne peuvent pas être décomposés par des acides anhydres: les proportions sont alors subordonnées à la rapidité de la dessiccation du mélange. On ne peut donc rien con-

clure de la variabilité des proportions que présentent les composés obtenus par cette méthode relativement aux sels formés des mêmes élémens, mais cristallisés ou précipités. Cependant M. Longchamp suppose une identité parfaite entre le phosphate de soude cristallisé et celui qui se forme par la réaction du phosphate d'ammoniaque et du carbonate de soude; c'est en partant des proportions qu'il a trouvées dans ce composé qu'il calcule celles des précipités obtenus par la décomposition mutuelle du muriate de chaux, de baryte, etc., et des phosphates cristallisés.

Nous croyons, en effet, que la composition des phosphates est soumise à des lois moins simples que celle de la plupart des autres sels : l'un de nous avait déjà énoncé cette opinion dans un travail publié sur cet objet; mais nous ne saurions admettre, avec M. Longchamp, que cette composition puisse varier par nuances insensibles. Plusieurs chimistes s'accordent sur les proportions des phosphates cristallisés. S'il règne encore quelque incertitude relativement aux sels simplement précipités, cela peut s'expliquer naturellement par les circonstances qui accompagnent la précipitation. Supposons, par exemple, qu'il existe plusieurs variétés de phosphate de chaux, et que le degré de concentration des dissolutions, ou l'excès de l'un des sels précipitans, puisse déterminer la formation de telle ou telle variété; dans le plus grand nombre de cas, il se formera un mélange à proportions variables de deux sels à proportions constantes, et, comme il n'y aura aucun moyen de les distinguer, on sera porté à admettre que le précipité n'est soumis à aucune loi fixe dans sa composition. Il faut encore ajouter à toutes ces causes de

variation celle que M. Longchamp a lui-même reconnue : c'est la présence, dans le précipité, d'une certaine quantité de l'un des sels employés pour sa préparation.

Toutes ces considérations sont plus que suffisantes pour rendre raison de la variabilité observée dans les phosphates insolubles. Il nous semblerait peu philosophique de regarder comme faisant exception à des lois établies sur un grand nombre de cas particuliers, des anomalies apparentes auxquelles on peut assigner des causes vraisemblables et susceptibles d'être vérifiées par l'expérience.

Les questions que M. Longchamp discute dans son Mémoire offrent, comme on le voit, un très-grand intérêt, puisqu'elles se rattachent à la théorie générale des proportions chimiques. L'opinion qu'il adopte a été soutenue, il y a quelques années, par un savant du premier ordre; et, lors même qu'elle devrait succomber, les travaux entrepris pour la défendre pourraient encore être utiles à la science. Nous pensons que l'Académie doit engager M. Longchamp à poursuivre les recherches qu'il a entreprises sur d'autres genres de sels, et à lui communiquer les résultats qu'il obtiendra.

MÉMOIRE *sur différentes Masses de fer qui ont été trouvées sur la Cordillière orientale des Andes.*

Par MM. MARIANO DE RIVERO et BOUSSINGAULT.

(Traduit de l'espagnol. Le Mémoire original a été imprimé à Santa-Fé de Bogota.)

EN arrivant à Santa-Rosa, village situé sur le chemin de Pamplona à Bogota, nous apprîmes qu'on avait découvert, dans le voisinage, une mine de fer, et qu'un

fragment de ce minéral servait d'enclume à un maréchal-ferrant ; mais nous fûmes agréablement surpris quand nous vîmes que le prétendu minéral était une masse de fer remplie de vacuoles, d'une forme irrégulière, présentant, en un mot, tous les caractères du fer météorique.

Cette masse fut trouvée sur la colline de Tocavita, un quart de lieue à l'est du village, le samedi Saint de l'anné 1810, par Cecilia Corredor. Nous nous rendîmes sur les lieux, où nous vîmes l'excavation que l'extraction de la masse avait nécessitée ; car elle était presque tout-à-fait enterrée : une pointe de quelques pouces seulement paraissait à la surface. Le terrain de la colline de Tocavita, comme celui de Santa-Rosa, appartient à une formation de grès secondaire que nous avons reconnue sur une étendue considérable.

Santa-Rosa est à environ vingt lieues au nord-est de Bogota, par 5° 40′ de latitude, 75° 40′ de longitude ouest de Paris, et 2744 mètres d'élévation au-dessus de la mer. Les habitans de ce village se réunirent pour y descendre la masse de fer ; elle demeura huit ans déposée à la Municipalité, et ensuite, durant une nouvelle période de sept ans, le maréchal-ferrant s'en servit dans sa boutique.

Le fer, comme nous l'avons déjà dit, est caverneux ; mais nous n'avons aperçu nulle part d'indices d'enduit vitreux (1) : il est malléable, d'une structure granu-

(1) Cet enduit vitreux manque également dans le fer météorique de Zacatecas, au Mexique, que M. de Humboldt a fait connaître, et dont le poids, suivant M. Sonneschmidt, est de plus de 20 quintaux.

leuse ; il se laisse facilement limer ; il a un éclat blanc argentin ; sa pesanteur spécifique est 7,3.

Le volume de cette masse est de 102 décimètres cubes ; son poids doit donc être peu éloigné de 750 kilogrammes.

Un fait digne de remarque, est qu'à la même époque où l'on trouva cette masse de fer, on en découvrit un bon nombre de fragmens plus petits en d'autres points de la même colline. Dans le séjour de peu de durée que nous avons fait nous-mêmes sur les lieux, nous en avons recueilli plusieurs échantillons. Pour montrer l'identité de ces masses avec celles dont divers voyageurs ont donné la description, nous nous sommes livrés à quelques expériences chimiques : en voici les détails.

Analyse de la grande masse.

1$^{gr.}$,28 de ce métal ayant été jeté dans de l'acide nitrique, la dissolution fut très-vive et il ne resta qu'un léger résidu ; nous évaporâmes presque jusqu'à siccité pour oxider le fer convenablement ; on ajouta ensuite de l'eau et on précipita par l'ammoniaque : le filtre sépara l'oxide, qui fut lavé à l'eau chaude.

Le liquide ammoniacal était teint d'une couleur verte azurée assez sensible. Le prussiate de potasse y produisait un précipité blanc légèrement verdâtre ; ce qui indiquait que la couleur provenait de la présence du nickel et non pas de celle du cuivre. A cette dissolution ammoniacale réduite par l'évaporation à la moitié de son volume, nous ajoutâmes de la potasse caustique ; et pour être certains de l'entière décomposition des sels doubles d'ammoniaque et de nickel, nous poussâmes l'évaporation jusqu'à la disparition du liquide ; au résidu nous

ajoutâmes de l'eau, et l'on obtint l'oxide de nickel, qui, lavé et calciné, pesait 0,14.

Pour recueillir le nickel qui avait pu rester avec l'oxide de fer précipité de la dissolution nitrique, on fit dissoudre cet oxide encore humide dans l'acide acétique; le résidu, séché avec les précautions convenables, fut traité par l'eau; après avoir filtré la liqueur, nous y ajoutâmes du carbonate de potasse qui produisit un léger précipité blanc; on fit bouillir, et ce précipité, calciné, pesait 0,01 : c'était de l'oxide de nickel.

Nous ne pûmes découvrir dans ce fer aucune trace de manganèse ni de cobalt.

Ainsi les élémens obtenus sont :

Oxide de fer,	1,17;
Oxide de nickel,	0,15.

Cent parties contiennent donc :

Fer,	91,41;
Nickel,	8,59.
Somme,	100,00.

Nous avons suivi le même procédé dans l'examen des autres fragmens. Nous avons commencé par une masse du poids de 681 grammes, découverte en 1810, près de Santa-Rosa. Ce fer est malléable, mais difficile à limer. Son éclat est argentin, son grain fin, comme celui de l'acier : il se forge assez bien, mais il est cassant à chaud; la pesanteur spécifique égale 7,6.

L'analyse de $7^{gr.},18$ a donné :

Oxide de fer.	9,46;
Oxide de nickel.	0,75;
Résidu insoluble dans l'acide nitrique.	0,02;

et sur cent parties :

Fer,	91,23;
Nickel,	8,21;
Résidu,	0,28.
Somme,	99,72.

Le résidu insoluble dans l'acide nitrique se laisse difficilement attaquer par l'acide nitro-muriatique, même à chaud : il paraît composé de nickel, de fer et peut-être d'un peu de chrôme.

Autre fragment du poids de 561 grammes, trouvé aussi en 1810, près de Santa-Rosa.

Structure caverneuse; très-dur à la lime, mais malléable; éclat argentin; grain semblable à celui de l'acier fondu et étiré.

1gr.,98 ont donné :

Oxide de fer,	2,62;
Oxide de nickel,	0,16;

et sur cent parties :

Fer,	91,76;
Nickel,	6,36.
Somme,	98,12.

Nous avons constaté la présence du nickel dans un grand nombre d'autres fragmens ramassés à la même époque, près de Santa-Rosa : le poids du plus grand était 145 grammes. Mais ce n'est pas là seulement que ce fer métallique a été trouvé. On en a aussi découvert au village nommé *Rasgatà,* dans le voisnage de la saline de Zipaquirà, dont la latitude est 4° 57′, la longitude ouest

de Paris 76° 33′, et la hauteur au-dessus de la mer 2650 mètres. Nous en avons vu une masse, du poids de 41 kilogrammes, dans les mains de M. Geronimo Torres : on n'y aperçoit aucune cavité ; sa texture est à petites facettes, quoiqu'il soit très-dur à la lime ; il est malléable ; l'éclat est argentin ; la pesanteur spécifique est 7,6.

4 grammes ont produit, à l'analyse :

Oxide de fer,	5,23 ;
Oxide de nickel,	0,40 ;

ce qui donne, pour cent :

Fer,	90,76 ;
Nickel,	7,87.
Somme,	98,63.

Une autre masse du poids de 22 kilogrammes, qu'on nous a montrée au même lieu, a une forme presque sphérique ; elle présente beaucoup de vacuoles, est très-malléable ; la cassure a un éclat argentin. Nous y avons trouvé 7 ou 8 pour cent de nickel.

Sur *l'Inflammation d'un mélange d'oxigène et d'hydrogène sous l'eau.*

Tout le monde connaît le chalumeau alimenté par un mélange d'oxigène et d'hydrogène. M. Skidmore, de New-York, a remarqué que le jet lumineux qu'on obtient avec cet instrument peut être introduit sous l'eau sans qu'il s'éteigne. Il faut seulement que cette introduction s'effectue lentement pour que la flamme ne rentre pas dans le récipient.

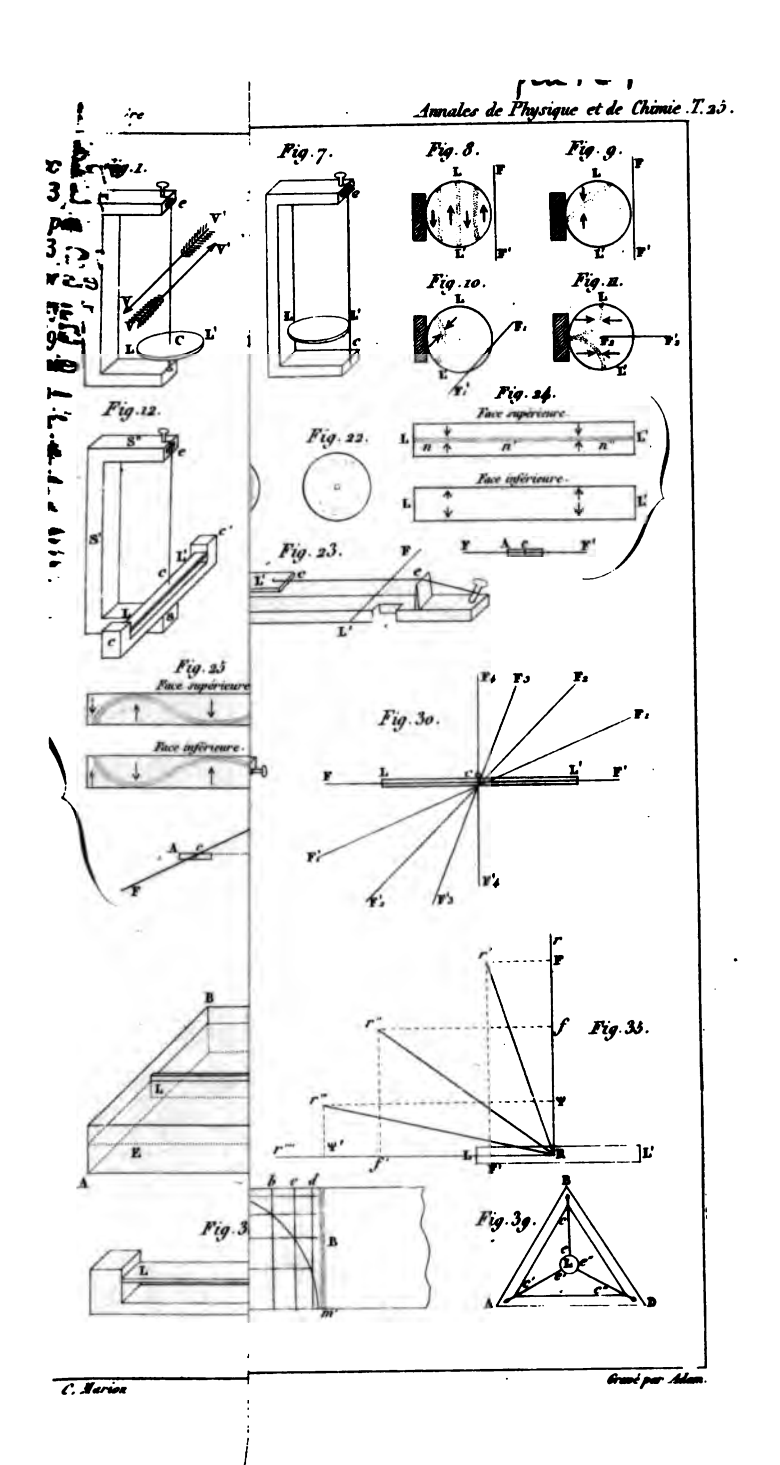
La flamme, dans l'eau, est globuleuse. Elle brûle le bois ; elle rougit les fils métalliques. M. Skidmore pense que les marins trouveront, à la guerre, les moyens d'appliquer son observation.

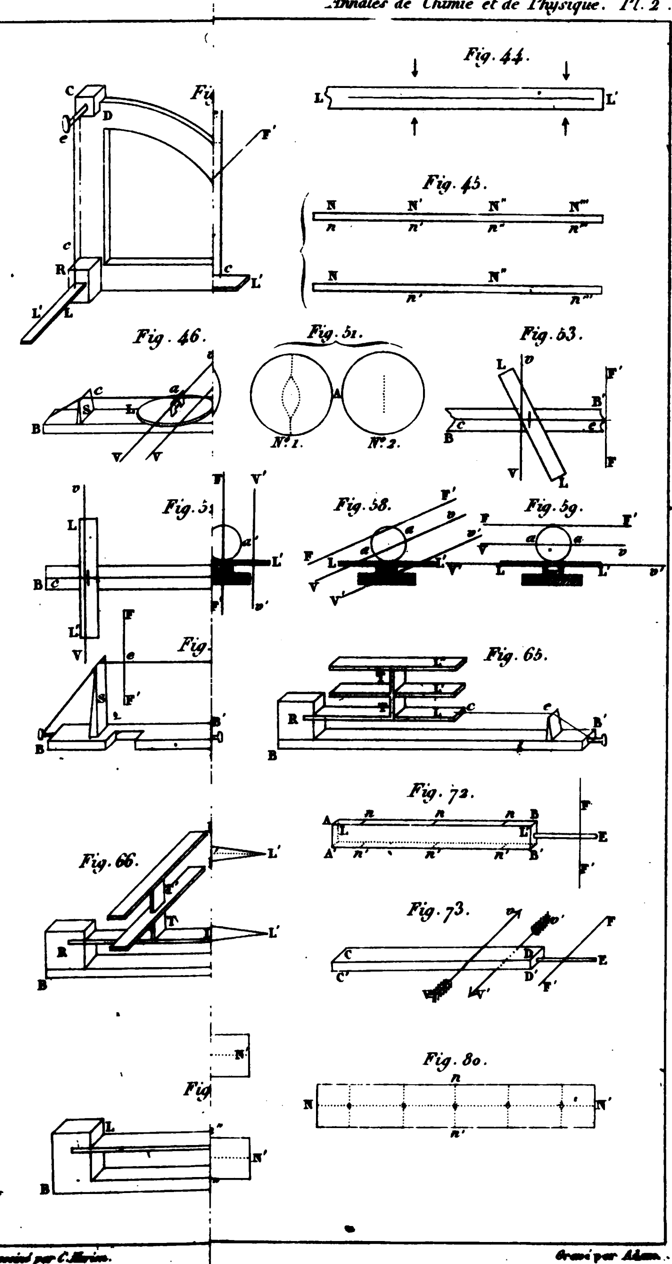
JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	756,06	+ 3,2	84	756,36	+ 6,0	68	755,94	+ 6,5	63	753,60	+ 3,0	82	+ 6,5	— 0,8	Nuageux.	O.
2	739,05	+ 7,5	99	736,50	+10,8	83	738,26	+ 9,1	86	746,61	+ 4,0	83	+10,8	+ 1,6	Nuageux.	N. O.
3	757,58	+ 4,9	62	758,75	+ 6,8	66	759,16	+ 7,2	60	761,03	+ 3,0	81	+ 8,1	+ 0,6	Très-nuageux.	N.
4	763,34	+ 6,2	82	763,78	+ 8,4	74	763,90	+ 8,9	70	765,40	+ 4,0	85	+ 8,9	— 0,0	Couvert, brouillard.	O.
5	766,87	+ 6,2	85	766,44	+ 9,4	66	766,10	+ 8,5	67	766,15	+ 5,0	76	+ 9,4	+ 0,0	Couv., léger brouil.	N. N. E.
6	765,10	+ 5,6	87	764,70	+ 9,0	70	763,52	+10,4	70	763,50	+ 5,2	86	+10,4	+ 2,2	Nuageux.	N.
7	760,67	+ 5,2	89	759,36	+ 8,8	80	758,76	+ 8,0	85	759,40	+ 6,5	92	+ 8,8	+ 4,3	Voilé, brouillard.	N. N. E.
8	760,00	+ 4,7	92	759,70	+ 7,9	88	758,24	+ 8,8	79	757,29	+ 3,8	99	+ 8,8	+ 2,8	Couvert, brouillard.	N.
9	756,76	+ 4,4	99	755,83	+ 8,0	90	754,83	+ 8,5	87	754,48	+ 5,7	91	+ 8,5	+ 4,1	Couvert, brouillard.	N.
10	740,34	+ 5,2	85	740,84	+ 4,6	98	739,26	+ 6,0	99	741,00	+ 3,0	97	+ 6,0	+ 2,2	Pluie, brouillard.	S. O.
11	741,74	+ 4,0	91	741,52	+ 6,2	87	742,62	+ 1,8	98	745,00	+ 0,5	94	+ 6,3	+ 0,4	Très-nuageux.	O.
12	746,82	+ 6,2	85	747,08	+ 8,1	75	747,60	+ 7,1	82	749,12	+ 2,5	99	+ 8,1	+ 0,2	Très-nuageux.	S. O.
13	752,36	+ 8,8	80	751,55	+10,9	72	753,06	+ 9,5	75	754,55	+ 3,8	88	+10,9	— 0,2	Gresil par intervall.	S. O.
14	756,14	+10,5	76	755,96	+12,1	68	755,46	+11,4	66	754,95	+ 7,0	74	+12,1	— 0,0	Couvert, brouillard.	S. faible.
15	753,16	+10,9	70	751,80	+12,1	59	749,6	+12,5	57	743,59	+10,0	63	+13,2	+ 3,2	Nuageux.	E. N. E.
16	737,10	+12,2	99	737,10	+15,6	79	737,55	+12,6	88	738,60	+ 6,2	98	+15,6	+ 6,2	Couvert.	S. O.
17	742,28	+12,1	80	743,78	+14,5	73	744,70	+12,2	85	747,80	+ 8,2	95	+14,5	+ 7,0	Couvert.	N. O.
18	755,17	+ 8,2	58	756,58	+11,0	87	757,90	+12,6	80	760,87	+ 9,2	90	+12,6	+ 7,2	Couvert, brouillard	N. O.
19	764,34	+12,0	70	764,40	+12,8	58	762,88	+13,8	45	764,50	+ 8,8	65	+13,8	+ 5,2	Beau.	N. E.
20	765,90	+12,5	62	765,18	+14,7	53	764,13	+15,2	51	762,90	+10,2	68	+15,3	+ 5,0	Légers nuages.	E. N. E.
21	760,92	+13,0	70	760,00	+15,7	70	758,43	+18,0	60	757,07	+12,5	78	+18,8	+ 5,5	Très-beau.	S. E.
22	760,27	+16,0	75	760,53	+16,5	68	759,94	+17,2	65	759,36	+13,0	86	+17,2	+10,8	Très-nuageux.	S. O.
23	752,25	+13,0	91	750,76	+16,6	69	749,92	+14,6	86	750,65	+ 9,8	96	+17,8	+ 9,8	Nuageux.	S. O. fort.
24	756,67	+10,6	90	758,48	+13,8	76	760,06	+14,0	71	762,62	+ 9,8	91	+14,3	+ 8,8	Quelques éclaircies.	N. O. fort.
25	763,60	+14,0	82	762,75	+17,8	70	760,99	+18,8	61	758,40	+11,8	87	+19,1	+ 5,0	Nuageux.	S. S. O.
26	752,00	+15,8	75	749,00	+21,1	61	746,30	+23,2	52	745,02	+17,5	70	+23,2	+ 9,4	Trouble et nuageux.	E.
27	756,08	+13,1	78	757,60	+16,2	75	758,12	+17,5	63	760,26	+10,9	90	+17,5	+10,5	Nuageux.	O. S. O.
28	760,35	+16,5	74	759,15	+20,2	64	757,57	+21,0	57	756,20	+13,8	87	+21,0	+ 6,5	Voilé.	S.
29	756,02	+18,8	75	754,12	+23,5	58	752,42	+24,9	51	751,73	+17,8	68	+25,0	+ 9,2	Nuageux.	S. E. fort.
30	751,64	+21,0	63	752,20	+22,5	56	753,34	+21,8	68	756,40	+13,7	70	+22,5	+12,8	Trouble.	S. O.
1	757,27	+ 5,3	88	756,40	+ 8,0	78	755,80	+ 8,2	77	756,84	+ 4,3	87	+ 8,6	+ 1,7	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	751,50	+ 9,7	81	751,60	+11,8	71	751,63	+10,9	71	752,19	+ 6,6	84	+12,2	+ 3,4	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 3,715
3	757,04	+15,2	77	756,40	+18,4	67	755,71	+19,1	63	756,77	+13,1	82	+19,6	+ 8,8	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 3,445
	755,27	+10,1	82	754,82	+12,7	72	754,39	+12,4	71	755,27	+ 8,0	84	+13,5	+ 4,6	Moyennes du mois, $+9^{\circ},0$.	

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

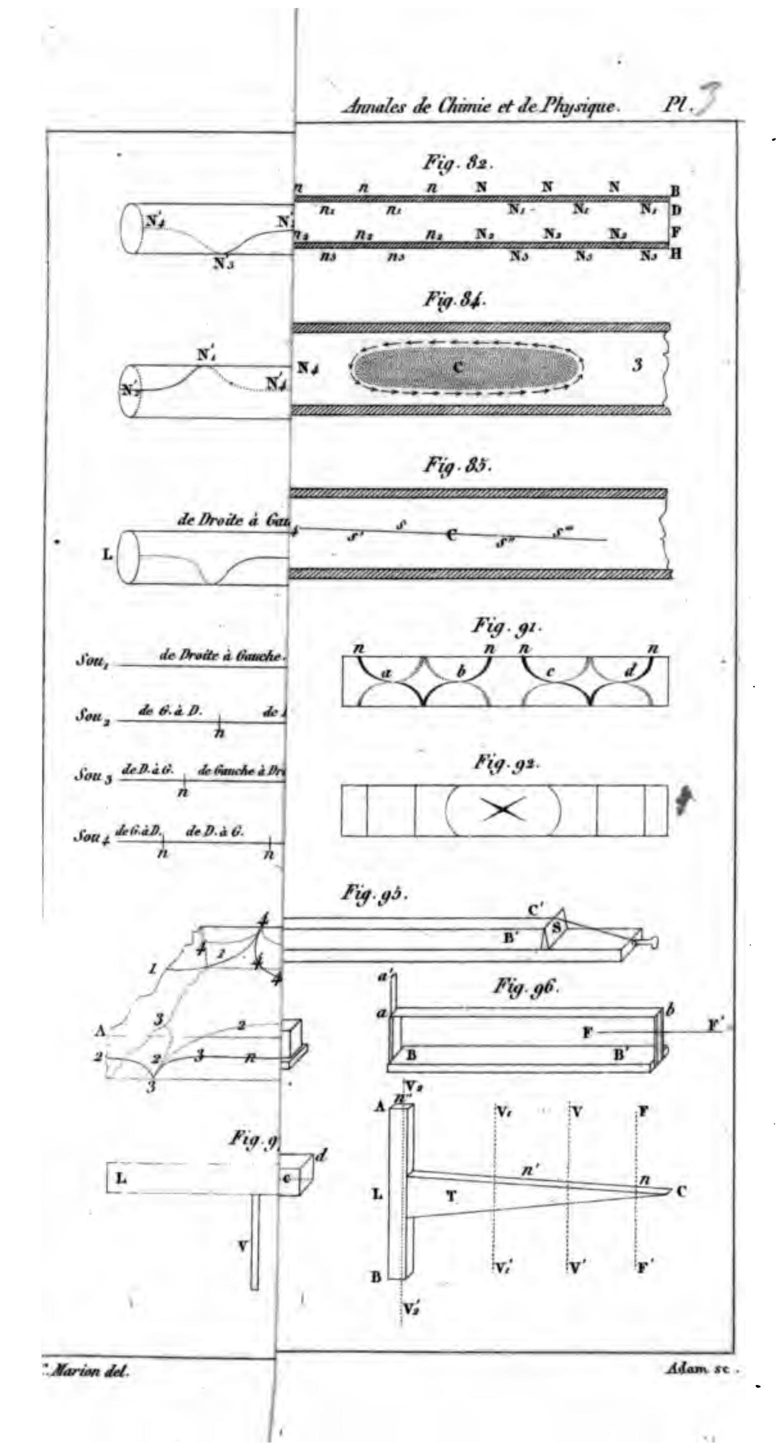
FIN DE LA TABLE DU VINGT-CINQUIÈME VOLUME.


Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Face supérieure
Face inférieure
Fig. 25
Fig. 30.
Fig. 35.
Fig. 39.

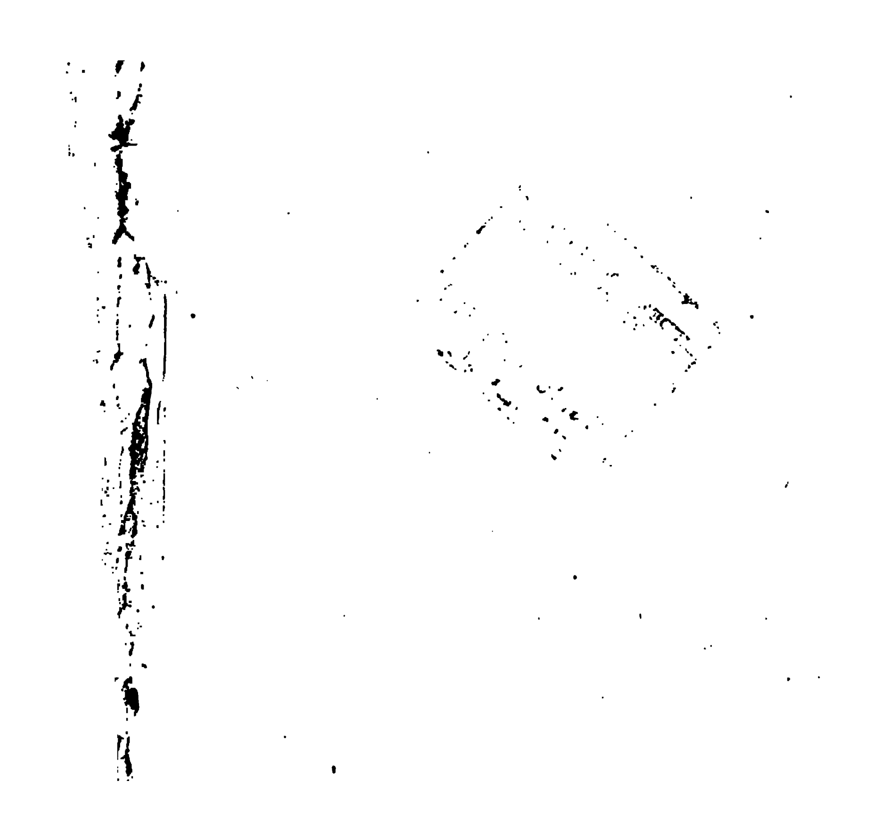


Dessiné par C. Marion. Gravé par Adam.





Marion del. Adam sc.



PL. 4

